EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

INFORMATION TECHNIQUE

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Canada

Déni de responsabilité

Le ministère des Ressources naturelles a déployé tous les efforts possibles pour que l'information contenue dans ce document soit exacte. Toutefois, le Ministère n'a aucune obligation juridique relativement à l'exactitude de cette information et ne peut être tenu responsable d'aucun dommage ni d'aucune perte qui pourrait découler de son utilisation. Ce document est fourni à des fins d'information seulement.

Juin 1996

© Ministre d'Approvisionnements et Services Canada 1996

N° de catalogue M27-01-150F-1

Des exemplaires de la publication peuvent être obtenus sans frais
en s'addressant à :
a/s Groupe Communication Canada
Ressources naturelles Canada
Ottawa (Ontario) K1A 0S9
Téléphone : (819) 997-1107
Télécopieur : (819) 994-1498

This publication is also available in English with the title:
Technical Information

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

TABLE DES MATIÈRES

Bibliographie technique i

Fiches d'information technique

Installations de chauffage et de refroidissement

- Installations de chauffage 1
- Installations de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air 7
- Installations de refroidissement 13
- Les pompes à chaleur sur boucle d'eau 19
- La technologie du stockage thermique 25

Les fenêtres et les luminaires

- Ballasts de lampes fluorescentes 31
- Lampes fluorescentes 35
- Lampes fluorescentes compactes 39
- Les détecteurs de présence 45
- Les fenêtres perfectionnées 51
- Les lampes à décharge à haute intensité 57
- Les enseignes de sortie 63
- Les réflecteurs pour luminaires à lampes fluorescentes 67

Les moteurs

- Les moteurs éconergétiques 71
- Les variateurs de vitesse 75

Les systèmes de bâtiments

- Installations de ventilation 79
- Le pare-vent - l'un des éléments les plus déterminants de l'enveloppe du bâtiment 83
- Les systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie 89
- La technologie de la cogénération 93
- Tarifs et pratiques de facturation des services publics 97

BIBLIOGRAPHIE TECHNIQUE

La courte bibliographie qui suit vous aidera à obtenir de l'information sur les techniques d'efficacité énergétique, classées par sujet et en ordre alphabétique. Sans être exhaustive, elle donne un aperçu des techniques applicables et précise les domaines dans lesquels des recherches plus poussées s'imposent. Une liste d'organismes utiles est également présentée.

CHAUFFAGE, VENTILATION ET CLIMATISATION

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. *1993 ASHRAE Handbook - Fundamentals*, ASHRAE, 1993.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. *1992 ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment*, ASHRAE, 1992.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. *1991 ASHRAE Handbook - HVAC Applications*, ASHRAE, *1991*.

VANDINI, M. «The HVAC System Choice With Cool Storage», *Energy Engineering*, vol. 87, nº 6, 1990, p. 34-45.

HOSHIDE, R. K. «New HVAC Technologies for Energy Efficiency», *Energy Engineering*, vol. 89, nº 5, 1992, p. 23-37.

NEWMAN, J.L. «HVAC System Performance and Indoor Air Quality», *Energy Engineering*, vol. 88, nº 3, 1991, p. 61-79.

McQUISTON, F.C. et PARKER, J.D. *Heating, Ventilating and Air Conditioning*, 3e édition, John Wiley & Sons, 1988.

SAUER, H.J. et HOWELL, R.H. *Principles of Heating, Ventilation and Air Conditioning*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1990.

ABEL, E. et autres. *Learning from Experiences with New Technologies for Heating and Cooling Supply in Office Buildings*, (série d'analyses nº 3 de CADDET), Pays-Bas, Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET), 1990.

HOUGHTON, D.J. et autres. *The State of the Art: Space Cooling and Air Handling*, Snowmass, Colorado, COMPETITEK/Rocky Mountain Institute, 1992.

Chlorofluorocarbures (CFC)

ENVIRONNEMENT CANADA. *Code de pratiques visant la réduction des émissions de chlorofluorocarbures des systèmes de réfrigération et de conditionnement d'air*, Ottawa, Environnement Canada, 1991.

FISCHER, S. «Energy Use Impact of CFC Alternatives», *Energy Engineering*, vol. 88, n° 3, 1991, p. 6-21.

SIEBERT, B. «Containing CFC Refrigerants - the Conversion to New Refrigerants», *Energy Engineering*, vol. 88, n° 3, 1991, p. 28-33.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. «EPA Guide to CFC Planning», *Building Operating Management*, Milwaukee, Trade Press Publishing Corp., vol. 40, n° 7, juillet 1993.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. *CFCs: Time of Transition*, ASHRAE, 1989.

SNELSON, K. *CFC Alternatives for Building Chiller Systems*, Ottawa, Laboratoire des régions froides, Institut de génie mécanique, Conseil national de recherches du Canada, 1992.

Cogénération

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE DE L'ONTARIO. *Cogeneration Sourcebook* (rédigé par McLaren Engineers Inc.), Toronto, 1988.

JENNEKENS, M. *Learning from Experiences with Small-Scale Cogeneration* (série d'analyses n° 1 de CADDET), Pays-Bas, Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADETT), 1989.

MOROFSKY, E. *Guide d'évaluation de la microcogénération pour les immeubles du gouvernement fédéral*, Ottawa, Services d'architecture et de génie, Travaux publics Canada, 1993.

Éclairage

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA (IESNA). *Lighting Handbook Reference & Application*, 8e édition, New York, IESNA, 1993.

ECONOMOPOULOS, O. et CHAN, K. *Lighting Reference Guide*, 4e édition, (Product Knowledge Reference Guide Series), Toronto, Ontario Hydro, 1990.

ARONSSON, S. et NILSSON, P. *Learning from Experiences with Energy-Efficient Lighting in Commercial Buildings*, (série d'analyses n° 6 de CADDET), Pays-Bas, Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET), 1991.

LINDSEY, J. How to Evaluate Lighting Retrofit Options, *Energy Engineering*, vol. 89, n° 2, 1992, p. 36-50.

THUMANN, A. *Lighting Efficiency Applications*, 2e édition, Lilburn, The Fairmont Press Inc., 1992.

WATSON, L. *Lighting Design Handbook*, New York, McGraw-Hill, 1991.

NATIONAL LIGHTING PRODUCT INFORMATION PROGRAM, *Specifier Reports*, (comptes rendus sur les ballasts électroniques, les réflecteurs spéculaires, les dispositifs de réduction du courant, les lampes fluorescentes compactes et les détecteurs de présence), Troy, New York, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, 1993.

MACDONALD, D.J. et TOURANGEAU, R.E. *Identification des ballasts de lampes contenant des BPC* (version révisée), rédigé pour la Direction des produits chimiques commerciaux d'Environnement Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa, 1991.

LOVINS, A.B. et SARDINSK, R.S. *State of the Art Lighting*, Snowmass, Colorado, Competitek/Rocky Mountain Institute, 1990.

Enveloppe de bâtiment

CONSIGLIO, G.C. et autres. *Des toits performants* (Compte rendu du colloque Regard 89 sur la science du bâtiment), Ottawa, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, 1989.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA. *Les fenêtres : performance et technologie de pointe* (Compte rendu du colloque Regard 88 sur la science du bâtiment), Ottawa, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, 1988.

QUIROUETTE, R.L. et autres. *Un pare-air pour l'enveloppe du bâtiment* (Compte rendu du colloque Regard 86 sur la science du bâtiment), Ottawa, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, 1989.

Moteurs et commandes électriques

RYAN, M.C. et OKRASA, R. *Adjustable Speed Drive Reference Guide*, 2e édition (Product Knowledge Reference Guide Series), Toronto, Ontario Hydro, 1991.

DEDERER, D.H. *Motors Reference Guide*, 2e édition (Product Knowledge Reference Guide Series), Toronto, Ontario Hydro, 1990.

NADEL, S. et autres. *Energy-Efficient Motor Systems: A Handbook on Technology, Programs and Policy Opportunities*, Washington, American Council for an Energy-Efficient Economy, 1991.

JORDON, H.E. *Energy Efficient Electric Motors and Their Application*, Toronto, Van Nostrand Reinhold Company, 1983.

SNELL, ROBERT L. «Specifying Efficient Motors for New and Retrofit Projects», *Energy Engineering*, vol. 87, nº 4, 1990, p. 23-29.

PERSSON, J.E. *Investigating Adjustable Speed Drives in Commercial and Industrial Applications* (rédigé par H.A. Simons pour l'Association canadienne de l'électricité), Projet nº 131U293, 1983.

SASKATCHEWAN RESEARCH COUNCIL. *Survey of Commercial and Industrial Adjustable Speed Drive Owner Experience* (rédigé pour l'Association canadienne de l'électricité), Projet nº CEA8923U736, 1991.

LOVINS, A.B. *The State of the Art: Drivepower*, Snowmass, Colorado, COMPETITEK/Rocky Mountain Institute, 1989.

Pompes à chaleur

ASSOCIATION CANADIENNE DE L'ÉLECTRICITÉ. *Conception et installation de thermopompes utilisant le sol ou l'eau comme source de chaleur*, Guide technique et guide d'utilisation, Projet de l'ACE nº CEA 827U675, Montréal, 1990.

REILEY, J.S. «Applications of Closed Loop Water Source Heat Pumps for Space Conditioning in Commercial Buildings», *Energy Engineering*, vol. 87, nº 5, 1990, p. 6-11.

Systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie

MEADE, G. *Energy Management Control Systems Reference Guide*, 2e édition (Product Knowledge Reference Guide Series), Toronto, Ontario Hydro, 1989.

PIETTE, M.A. *Learning from Experiences with Controls to Reduce Electrical Peak Demands in Commercial Buildings*, série d'analyses n° 7 de CADDET, Pays-Bas, Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADETT), 1991.

DI GIANDOMENICO, R. et CARLSON, R.A. *Understanding Building Automation Systems*, R.S. Means Company. Inc., 1991.

LEVENHAGEN, J.I. et SPETHMANN, D.H. *HVAC Controls and Systems*, McGraw-Hill, 1993.

CHAN, K.M. *Status Report on Intelligent Buildings*, Ottawa, Association canadienne pour l'automatisation des bâtiments, bulletin d'information n° 93/3, 1993.

«Issues related to Intelligent Buildings and Electrical Control Systems», *Construction Specifier*, vol. 46, n° 1, janvier 1993.

LANGLEY, B.C. *Control Systems for Air Conditioning and Refrigeration*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1985 et «DDC and Building Automation Systems», *ASHRAE Technical Data Bulletin*, vol. 5, n° 5, 1989.

SANDER, D.M. *A Review of Energy Management and Control Systems Installations* (rédigé pour Travaux publics Canada par l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada), 1987.

Systèmes de récupération et de stockage de la chaleur

ONTARIO HYDRO. *Thermal Cool Storage Reference Guide*, 2e édition, (Product Knowledge Reference Guide Series), Toronto, Ontario Hydro, 1990.

WENDLAND, R. D. «Commercial Cool Storage», *Energy Engineering*, vol. 87, n° 6, 1990, p. 18-22.

WYLIE, D. «Evaluating and Selecting Thermal Energy Storage», *Energy Engineering*, vol. 87, n° 6, 1990, p. 6-22.

GOLDSTICK, R. *Principles of Waste Heat Recovery*, Atlanta, Fairmont Press, 1986.

ONTARIO HYDRO. *Performance Optimization Field Handbook: Fan, Pump and Blower Systems. Be A Power Saver*, 1992.

PIETTE, M.A. *Learning from Experiences with Thermal Storage: Managing Electrical Loads in Buildings* (série d'analyses nº 4 de CADDET), Pays-Bas, Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET), 1992.

TECHNOLOGIE ET GESTION DE L'ÉNERGIE

ONTARIO HYDRO. *Commercial Electric Energy Manual - Fundamentals*, Toronto, 1991.

CLAMAN, V. *How to Reduce Your Energy Costs*, 2e édition, Boston, Alberta Power Ltd., 1991.

ONTARIO HYDRO. *Commercial Electric Energy Manual - Applications*, Toronto, 1987.

TURNER, W.C. *Energy Management Handbook*, 2e édition, Lilburn, Fairmont Press Inc., 1993.

THUMANN, A. et MEHTA, D.P. *Handbook of Energy Engineering*, 2e édition, Lilburn, Fairmont Press Inc., 1991.

BC HYDRO. *Guides to Energy Management (GEM)* Commercial Binder (comprend plus de 50 fiches techniques d'applications commerciales, entre autres dans les domaines du chauffage, de l'isolation, de l'éclairage, du service des moteurs et du câblage; des exemples concrets d'utilisation efficace de l'énergie sont également présentés), Vancouver, Power Smart Inc., 1993.

NADEL, S. et GELLER, H. *Efficiency Standards for Lamps, Motors, Commercial HVAC Equipment and Showerheads: Recommendations for State Action*, Berkeley, American Council for an Energy-Efficient Economy, 1991.

ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA. Série de la gestion de l'énergie à l'intention des industries, des commerces et des institutions, (série de 24 manuels contenant des théories de base, de l'information générale sur des techniques et des technologies éprouvées ainsi que des études de cas - distribués par CANMET), Ottawa, Approvisionnements et Services Canada, 1985.

ABEL, E. et autres. *Learning from Experiences with Energy Efficient Retrofitting of Office Buildings* (série d'analyses nº 8 de CADDET), Pays-Bas, Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET), 1992.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. *Energy Efficient Design of New Buildings Except New Low-Rise Residential Buildings*, Norme ASHRAE/IES 90.1, 1989.

101-01690/

Organismes

Association canadienne pour l'automatisation des bâtiments
1200, ch. de Montréal, immeuble M-20
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6
Téléphone : (613) 990-7407
Télécopieur : (613) 954-5984

Association canadienne de l'énergie du sol
2978, cr. Barlow, RR n°1
Dunrobin (Ontario)
K0A 1T0
Téléphone : (613) 832-1854
Télécopieur : (613) 832-3308

Ontario Hydro
Information sur les produits
Services techniques et développement
700, av. University, C25-D6
Toronto (Ontario)
M5G 1X6
Téléphone : (416) 506-3467

Institut de recherche en construction
Conseil national de recherches du Canada
Services à la clientèle
Ottawa (Ontario)
K1A 0R6
Téléphone : (613) 993-3774
Télécopieur : (613) 952-7671

Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET Canada)
Division des enjeux énergétiques
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
Téléphone : (613) 996-8131
Télécopieur : (613) 952-8169

Power Smart Inc.
475, rue West Georgia, bureau 540
Vancouver (C.-B.)
V6B 4M9
Téléphone : (604) 688-4637
Télécopieur : (604) 688-7342

Association canadienne de l'électricité
Service des ventes
1, square Westmount
Bureau 1600
Montréal (Québec)
H3Z 2P9
Téléphone : (514) 937-6181, poste 317
Télécopieur : (514) 937-6498

Division des services de bibliothèque et de documentation
Direction de la politique, de la planification et des services
Secteur de la technologie des minéraux et de l'énergie
Ressources naturelles Canada
562, rue Booth
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
Téléphone : (613) 995-4059
Télécopieur : (613) 952-2587

Services d'architecture et de génie
Centre de documentation
Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
Immeuble Sir Charles Tupper
Ottawa (Ontario)
K1A 0M2
Téléphone : (613) 736-2146
Télécopieur : (613) 736-2826

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

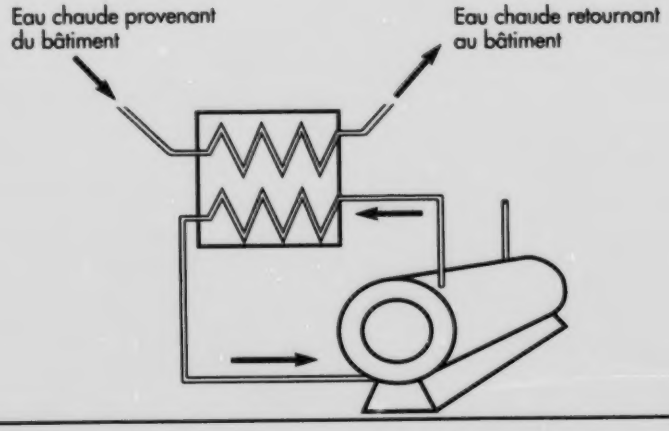
INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE ET DE REFROIDISSEMENT

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE

Les installations de chauffage doivent ajuster continuellement la quantité de chaleur fournie au bâtiment en réponse aux apports et aux pertes de chaleur internes qui varient constamment. (Se reporter à la fiche technique intitulée «Installations de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air» pour plus de détails sur les apports et les pertes de chaleur dans un bâtiment.) Les installations de chauffage peuvent consommer une grande quantité d'énergie dans un immeuble à bureaux. On peut parfois, par des ajustements mineurs ou le simple entretien des installations, améliorer le confort intérieur et créer un milieu de travail plus productif tout en réalisant des économies d'énergie et d'argent. La mise au point des installations de chauffage d'un immeuble est parfois assimilée à une remise en service des installations.

La présente fiche technique donne un aperçu des installations de chauffage que l'on peut trouver dans un immeuble à bureaux et de quelques-unes des méthodes destinées à réduire l'énergie consommée par le système.

Figure 1 - Une chaudière peut brûler un combustible, tel que du mazout ou du gaz, pour produire de l'eau chaude qui sert ensuite à chauffer l'eau fournie au bâtiment

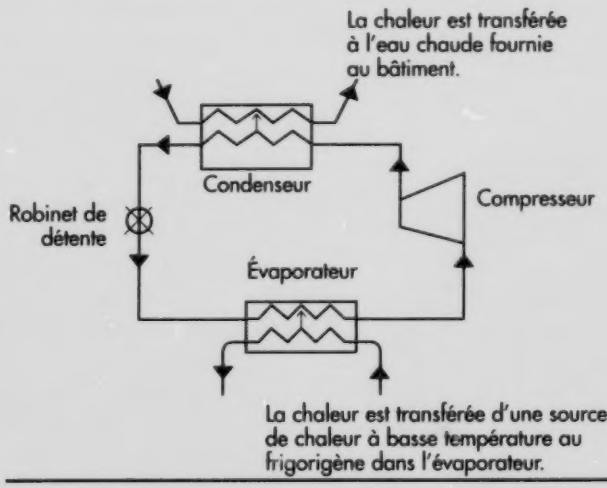


La chaleur est fournie aux espaces du bâtiment par un agent caloporteur, en général de l'air, de l'eau, ou les deux. On règle la quantité de chaleur transmise en faisant varier la température ou la quantité d'air ou d'eau qui est acheminée vers cet espace. On y parvient en réglant l'équipement qui produit et distribue la chaleur. Lorsque l'on se sert de l'eau comme moyen de distribution de la chaleur, des robinets et des pompes commandent le débit du fluide dans les canalisations. La chaleur peut être fournie directement à un espace par un système quelconque de chauffage par rayonnement, comme le système périmétrique à eau chaude, ou servir à chauffer l'air introduit dans cet espace. Dans ce dernier cas, les échangeurs de chaleur transmettent l'énergie de l'eau à l'air.

ÉQUIPEMENT DE CHAUFFAGE

Dans un immeuble à bureaux caractéristique, des chaudières, des serpentins de chauffage électriques, ou des pompes à chaleur servent à produire la chaleur.

Figure 2 - Une pompe à chaleur comporte un frigorigène circulant dans une boucle formée d'un évaporateur, d'un compresseur, d'un robinet de détente et d'un condenseur.



Chaudières

Pour produire de la chaleur, les chaudières utilisent un combustible, comme le mazout ou le gaz, ou encore, des serpentins à résistances électriques. L'énergie thermique est alors convertie en eau chaude ou en vapeur. Cette eau chaude, ou cette vapeur, sert ensuite à chauffer l'air ou l'eau qui est fournie au bâtiment à l'aide d'équipements de transfert de chaleur tels que les échangeurs de chaleur eau-air ou eau-eau. Dans certains bâtiments, une seule chaudière peut suffire (bien qu'en général il y ait au moins une chaudière d'appoint), mais il arrive aussi que plusieurs chaudières fonctionnent en série ou en parallèle. Parfois, un bâtiment abrite un grand nombre de chaudières qui fournissent de l'eau chaude ou de la vapeur à plusieurs bâtiments, et on parle alors d'une installation de chauffage central.

Serpentins de chauffage électriques

Dans les immeubles à bureaux, on utilise souvent des serpentins de chauffage électriques, tels que les plinthes chauffantes ou des serpentins à résistances électriques à l'intérieur des conduits de ventilation, en raison de leur faible coût initial, de la facilité avec laquelle ils sont installés, et parce qu'il est facile de mesurer l'électricité et d'en facturer la consommation sur une base individuelle. Bien que les serpentins de chauffage électriques aient un rendement de 100 p. 100 au point de consommation, de l'énergie est perdue dans la centrale électrique ainsi que dans le circuit de distribution et le consommateur est facturé pour cette perte d'énergie. En conséquence, cette forme de chauffage est en général très coûteuse et d'autres modes de chauffage auraient un meilleur rendement économique, sauf quand les autres combustibles coûtent relativement très cher.

Pompes à chaleur

Les pompes à chaleur consomment de l'électricité pour extraire de l'énergie de certaines sources, telles que le sol ou la chaleur résiduelle des processus industriels, et la transformer en chaleur à une température utilisable pour le chauffage d'un bâtiment. Les pompes à chaleur fonctionnent selon le même principe qu'un réfrigérateur qui utilise l'électricité pour pomper de la chaleur d'une température peu élevée à une température plus élevée, soit dans le sens opposé à celui du mouvement normal de la chaleur. En général, les pompes à chaleur présentent l'avantage supplémentaire d'être réversibles; c'est-à-dire qu'on peut s'en servir pour pomper de la chaleur dans un bâtiment et inverser ensuite le cycle pendant la saison chaude pour extraire de la chaleur de ce même bâtiment.

Une pompe à chaleur comporte un liquide frigorigène qui circule dans une boucle formée d'un évaporateur, d'un compresseur, d'un robinet de détente et d'un condenseur. Fondamentalement, les évaporateurs et les condenseurs sont des échangeurs de chaleur qui transfèrent la chaleur d'un fluide à un autre. Dans un évaporateur, le liquide frigorigène absorbe de la chaleur en s'évaporant et en se transformant en gaz. Dans un compresseur, en général, on se sert de l'électricité pour pomper mécaniquement le frigorigène dont la température et la pression augmentent, pour en extraire ensuite la chaleur dans le condenseur. Au fur et à mesure que la chaleur est récupérée dans le condenseur, la température du frigorigène baisse et celui-ci se condense pour reprendre sa forme liquide. Un robinet de détente permet ensuite de réduire la pression du frigorigène et le cycle recommence.

Comme dans le cas des chaudières, les pompes à chaleur transfèrent la chaleur à l'air ou à l'eau qui est ensuite distribué dans le bâtiment. On peut installer des pompes à chaleur en différents endroits du bâtiment et les faire fonctionner individuellement; on peut aussi les raccorder sur une boucle commune de circulation d'eau installée en série avec une autre source principale de chaleur et une source principale de refroidissement. Cette dernière configuration porte le nom de système de pompe à chaleur sur boucle d'eau et elle peut être très efficace dans les bâtiments dont certaines parties doivent être refroidies (comme l'intérieur du bâtiment ou le côté sud) et d'autres chauffées (comme la périphérie ou le côté nord). (Pour de plus amples renseignements sur ce type de système, se reporter à la fiche technique intitulée «Les pompes à chaleur sur boucle d'eau».)

Conseils pratiques pour économiser l'énergie

Il existe bien des façons de réduire la consommation d'énergie des installations de chauffage d'un bâtiment. Il peut s'agir de mesures qui n'entraînent que peu ou pas de dépenses, consistant à modifier les méthodes d'exploitation d'une installation ou à effectuer quelques travaux d'entretien, ou au contraire de projets de rénovation plus complexes, comme la modernisation de l'équipement ou la conception d'un nouveau système. Dans un cas comme dans l'autre, les résultats peuvent être très intéressants sur le plan de la rentabilité et assurer aux occupants un milieu de travail plus agréable. Voici quelques conseils pratiques qui vous permettront de rendre vos installations de chauffage plus éconergétiques.

1. Effectuer régulièrement l'entretien

Tout comme une automobile, l'équipement de chauffage a besoin d'un entretien périodique pour fonctionner aussi efficacement que possible.

- Les serpentins de chauffage doivent être nettoyés périodiquement, et on doit enlever la charpie et la poussière qui peuvent s'y accumuler.

- Il faut vérifier les registres, qui commandent l'apport d'air extérieur et le mélange de l'air de reprise avec l'air extérieur, afin de s'assurer qu'ils fonctionnent correctement.
- Les entraînements par courroie doivent être rajustés et remplacés au besoin.
- Les tuyaux et les conduits doivent être munis d'un isolant et réparés selon les besoins afin de réduire les pertes de distribution. Il n'est pas rare que 10 à 20 p. 100 de l'air qui circule dans un conduit n'atteigne pas la pièce à laquelle il était destiné.

2. Régler les commandes

Même sans changer l'équipement de chauffage, on peut réaliser des économies d'énergie importantes par un simple réglage des systèmes de commande.

- Les températures de l'air et de l'eau d'alimentation doivent être réglées de manière à réduire la surchauffe du fluide.
- Les températures de l'air et de l'eau doivent également être réduites pendant les périodes d'inoccupation du bâtiment. Ce faisant, on doit s'assurer que le rétablissement des températures normales du bâtiment ne provoquera pas une demande excessive.

3. Améliorer l'équipement

On peut réaliser des économies d'énergie en apportant des modifications mineures à l'équipement. Lorsqu'on remplace l'équipement, on doit envisager l'achat d'équipement à haut rendement.

- Utiliser, quand c'est possible, des entraînements à vitesse variable pour les pompes et les ventilateurs. (Se reporter à la fiche technique portant sur les variateurs de vitesse.)
- Installer des ventilateurs de plafond lorsque les plafonds sont très élevés.

4. Modifier les systèmes

Bien que plus compliquée, la modification des systèmes permet souvent de réaliser des économies d'énergie substantielles.

- L'ajout d'équipement de récupération de la chaleur au système de ventilation devient de plus en plus économique à mesure que les coûts de l'énergie et la demande de ventilation s'accroissent. L'équipement de récupération de la chaleur peut permettre de réaliser des économies d'énergie en utilisant la chaleur de l'air d'extraction pour préchauffer l'air d'arrivée et en réduisant ainsi la charge de chauffage. L'équipement de récupération de la chaleur peut également permettre d'économiser de l'énergie pendant la saison chaude en refroidissant l'air d'arrivée avec l'air d'extraction.
- Avec les progrès de l'informatique, les systèmes automatisés de gestion de l'énergie deviennent de plus en plus économiques. (Se reporter à la fiche technique intitulée «Les systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie».)
- En général, les chaudières fonctionnent mieux à pleine charge qu'à charge partielle. En conséquence, il est préférable d'utiliser plusieurs appareils plutôt qu'une seule chaudière de grande capacité. Dans certains bâtiments, l'eau chaude domestique (ECD) est aussi chauffée par une ou plusieurs des chaudières principales du bâtiment. Bien que cette méthode puisse être très efficace pendant la saison froide, il peut arriver que l'on soit alors obligé de faire fonctionner sans interruption et en charge partielle une chaudière à grande capacité pendant d'autres périodes de l'année. Dans un tel cas, il est probablement plus efficace d'installer une chaudière distincte pour le système d'ECD de manière qu'il ne soit pas nécessaire d'utiliser la chaudière à grande capacité pendant la saison chaude.

Conclusions

On peut régler les installations de chauffage et en effectuer l'entretien afin qu'elles puissent assurer, d'une manière économétique, le confort des occupants et la qualité du milieu de travail. Les responsables de l'entretien et de l'exploitation de bâtiments, les gestionnaires immobiliers et les locataires doivent tous contribuer à améliorer le fonctionnement des installations de chauffage. Les responsables de l'entretien et de l'exploitation de bâtiments doivent se tenir au courant des nouvelles techniques et méthodes d'entretien; les locataires doivent transmettre leurs commentaires au personnel d'entretien et les gestionnaires immobiliers doivent être au courant de tous les problèmes qui surviennent pour être en mesure de prendre des décisions éclairées quant à l'amélioration des installations.

Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Air Conditioning Systems Design Manual, ASHRAE 581-RP, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, Géorgie, 1993.

ASHRAE Handbook — Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1993.

ASHRAE Standard Guideline for Commissioning HVAC Systems, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Norme 1-1989.

Cooling and Heating Load Calculation Manual, Faye C. McQuiston et Jeffrey D. Spitler, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1992.

Energy Management Handbook, Wayne C. Turner, The Fairmont Press, Inc., 2e édition, 1993.

Handbook of Energy Engineering, Albert Thumann et D. Paul Mehta,The Fairmont Press, Inc., 1991.

Heating, Ventilating, and Air Conditioning — Analysis and Design, Faye C. McQuiston et Jerald D. Parker, 3e édition, John Wiley & Sons, Inc., 1988.

Principles of Heating, Ventilating and Air Conditioning, Harry J. Sauer, Jr. et Ronald H. Howell, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1990.

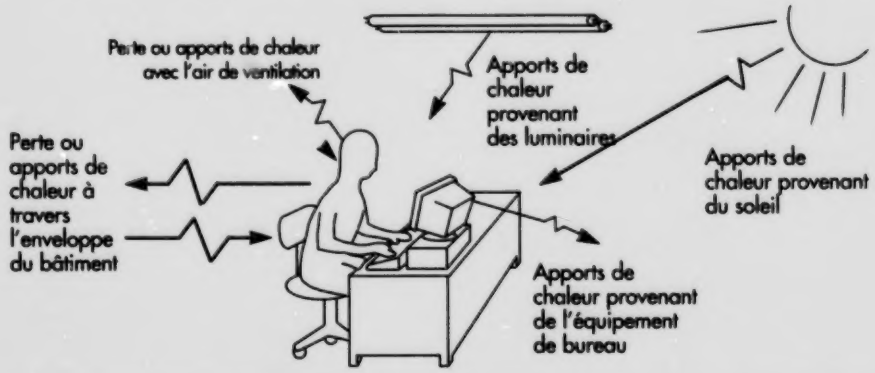
Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE, DE VENTILATION ET DE CONDITIONNEMENT DE L'AIR

Les installations de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air (CVC) d'un bâtiment se composent d'un grand nombre de pièces d'équipements électriques et mécaniques interdépendants qui permettent de régler la température, le taux d'humidité et la ventilation à l'intérieur du bâtiment. Au Canada, ces installations contribuent généralement pour environ 60 p. 100 de la consommation d'un immeuble à bureaux. On peut parfois, par des ajustements mineurs ou le simple entretien des installations, améliorer le confort intérieur et créer un milieu de travail plus productif tout en économisant énergie et argent. La mise au point des installations de CVC est parfois assimilée à une remise en service du bâtiment.

Pour saisir ce que cela représente, il faut d'abord connaître le fonctionnement des installations de CVC. La présente fiche technique donne un aperçu des processus de perte et d'apport de chaleur et d'humidité à l'intérieur d'un bâtiment, du fonctionnement des installations de CVC, et de quelques méthodes générales employées pour réduire la consommation d'énergie de ces installations.

Figure 1 - Apports et pertes de chaleur dans un bâtiment



Apports et pertes de chaleur dans un bâtiment

Pour agir sur la température d'un bâtiment, les installations de chauffage et de refroidissement doivent d'abord réagir aux apports et aux pertes de chaleur provenant de diverses sources, comme le montre la figure 1.

Sources externes d'apports et de pertes de chaleur

Les apports et les pertes de chaleur dans un bâtiment sont le plus souvent attribuables à l'air de ventilation. Cet air est nécessaire au maintien de la qualité de l'air intérieur. Des ventilateurs introduisent de l'air frais de l'extérieur et évacuent l'air intérieur vicié. Selon la saison, cet air neuf doit être généralement réchauffé ou refroidi.

Citons également les infiltrations et les exfiltrations d'air à travers l'enveloppe du bâtiment, qui se traduisent aussi par des pertes ou des apports de chaleur. Durant la saison froide, la chaleur s'échappe du bâtiment et la charge de chauffage des installations de CVC doit compenser la perte d'énergie. À l'inverse, durant la saison chaude, la chaleur s'infiltre dans le bâtiment et augmente la charge de refroidissement. Plus la résistance thermique est grande ou plus il y a d'isolant dans les murs et le toit, moins il y a de chaleur qui traverse l'enveloppe du bâtiment. Il est aussi important d'avoir un bon pare-vent afin de réduire les pertes ou les gains de chaleur associés aux fuites d'air.

Le soleil est une autre source que l'on oublie souvent, mais dont l'effet sur la température intérieure d'un bâtiment demeure important. Bien que l'astre du jour soit éloigné de 150 millions de kilomètres de la terre, l'apport de chaleur par rayonnement solaire peut atteindre 650 wattheures par mètre carré de vitrage en une heure. Pour quantifier avec précision cet apport, on doit tenir compte d'un certain nombre de facteurs, comme le type de verre, le pourcentage de surface vitrée protégée par des stores ou des pare-soleil, l'orientation des fenêtres, l'emplacement du bâtiment, la saison et la période de la journée. En fait, l'apport par rayonnement solaire peut être très important au cours de l'hiver au Canada, car le soleil est alors bas à l'horizon et ses rayons peuvent traverser les vitrages verticaux.

Exemple

La façade sud d'un immeuble de Toronto comporte des fenêtres ordinaires à double vitrage. De 13 h à 14 h par une journée ensoleillée de la mi-février, chaque mètre carré de vitrage de la façade laisse pénétrer une énergie solaire de 650 wattheures. En d'autres termes, si la surface totale du vitrage de la façade sud est de 1 000 mètres carrés, l'apport thermique est de 650 kilowattheures, soit une quantité d'énergie suffisante pour faire passer de 10 °C à une température confortable de 20 °C la température de l'eau d'une piscine de 55 900 litres. On se représente à quel point il est difficile pour les installations de CVC de maintenir constante la température intérieure.

Figure 2 — Une énergie de 650 kWh permet d'élever de 10 °C la température de l'eau d'une piscine

Sources internes d'apports de chaleur

Non seulement le milieu extérieur, mais aussi les sources internes de chaleur influent sur le bilan thermique d'un bâtiment. En fait, les apports thermiques internes des immeubles à bureaux sont si importants que, même durant la saison froide, il est souvent nécessaire de faire fonctionner l'installation de refroidissement pour rafraîchir l'air dans le noyau du bâtiment. L'être humain est un petit «générateur de chaleur» qui produit 115 wattheures d'énergie thermique chaque heure en effectuant de simples travaux de bureau.

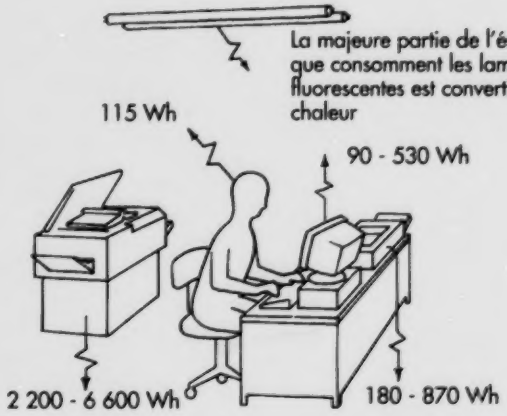
Le matériel de bureau est une autre source importante de chaleur; ordinateurs, imprimantes, photocopieurs et télécopieurs sont autant de «générateurs de chaleur». Un ordinateur personnel produit entre 90 et 530 wattheures d'énergie thermique chaque heure, une imprimante au laser, entre 180 et 870 wattheures et un photocopieur, entre 2 200 et 6 600 wattheures.

Il ne faut pas oublier non plus les appareils d'éclairage. Près de 90 p. 100 de l'énergie consommée par une lampe incandescente est transformée en chaleur; même les lampes fluorescentes compactes à haut rendement énergétique transforment environ 30 p. 100 de l'énergie utilisée en chaleur.

Apports et pertes d'humidité dans un bâtiment

Les apports et les pertes d'humidité dans un bâtiment s'expliquent, à peu de chose près, de la même manière que les apports et les pertes de chaleur. L'air introduit dans un bâtiment par le système de ventilation, ou par infiltration, modifie non seulement le bilan thermique, mais aussi le taux d'humidité à l'intérieur de ce bâtiment. Durant la saison froide, l'air introduit est souvent très sec, car l'air froid ne peut retenir beaucoup d'humidité. On doit donc l'humidifier afin de maintenir l'humidité relative à un niveau confortable et salubre, idéalement entre 40 et 60 p. 100. Durant la saison chaude, l'air introduit dans un bâtiment est souvent très humide, ce qui accroît la sensation de chaleur de l'air ambiant. Les occupants et les plantes contribuent également à augmenter le taux d'humidité de l'air intérieur.

Figure 3 - Sources internes d'apports de chaleur



Équipement

Les installations de CVC doivent continuellement rajuster la quantité de chaleur distribuée dans le bâtiment ou celle qui en est extraite en fonction de la fluctuation des apports et des pertes de chaleur provenant des sources décrites précédemment. La chaleur est acheminée en un endroit donné, ou en est extraite, par un agent caloporteur, qui est habituellement de l'air ou de l'eau, ou ces deux éléments à la fois. Pour régler la quantité de chaleur transmise, il faut modifier la température ou le volume de l'eau ou de l'air acheminé à cet endroit. Pour ce faire, il faut régler l'équipement qui produit ou dissipe la chaleur ainsi que l'équipement qui la distribue, tel que les ventilateurs, les pompes et les robinets.

Dans un immeuble à bureaux type, le chauffage est assuré par des chaudières, des serpentins de chauffage électriques ou des pompes à chaleur, et le refroidissement, par des refroidisseurs, des conditionneurs d'air, des tours de refroidissement, des refroidisseurs à évaporation ou des pompes à chaleur. Les agents caloporteurs sont habituellement l'air et l'eau. L'humidification de l'air se fait par vaporisation d'eau ou de vapeur. Dans la plupart des cas, la déshumidification est prise en charge par l'équipement de refroidissement qui abaisse la température de l'air jusqu'à ce que l'humidité se condense et puisse être évacuée. D'autres appareils de déshumidification utilisent des matériaux absorbants, que l'on appelle aussi des agents déshydratants. Ces produits se présentent sous forme solide ou liquide. (Les sachets de poudre de silice que l'on trouve dans les cartons d'emballage des appareils électroniques sont un exemple d'agents déhydratants).

Que l'air ou l'eau serve au transport ou à l'extraction de la chaleur, il faut recourir à un système de ventilation pour distribuer de l'air frais dans tout le bâtiment et garantir la qualité de l'air intérieur. Bon nombre des codes canadiens du bâtiment renvoient à la norme 69-1989 de l'American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), qui est le document de référence en matière de ventilation. On y prescrit un apport d'air extérieur d'au moins 10 litres/seconde par personne pour un bureau de dimensions courantes. Dans les régions où les émissions de polluants atmosphériques sont élevées, on exige des renouvellements d'air plus fréquents et on recommande la mise en place d'installations de ventilation individuelles. Des ventilateurs et des registres règlent le mélange et la distribution de l'air de ventilation dans les conduits, air qui est ensuite filtré.

Lorsque l'eau sert d'agent caloporteur, des robinets et des pompes commandent le débit du liquide à travers les tuyauteries. L'énergie de chauffage ou de refroidissement peut être directement acheminée vers l'espace considéré par un quelconque système de chauffage par rayonnement fonctionnant à l'eau, comme les installations périphériques à eau chaude, ou être utilisée pour traiter l'air destiné à cet espace. Dans ce dernier cas, on utilise des échangeurs de chaleur qui transmettent l'énergie d'un fluide à l'autre.

Conseils pratiques pour économiser l'énergie

Il existe bien des façons de réduire la consommation d'énergie des installations de CVC d'un bâtiment et d'offrir à ses occupants un milieu de travail plus confortable. Il peut s'agir de mesures qui n'entraînent que peu ou pas de dépenses, consistant à modifier les méthodes d'exploitation d'une installation ou à effectuer quelques travaux d'entretien, ou au contraire de projets de rénovation plus complexes, comme la modernisation de l'équipement ou la conception d'un nouveau système. Dans un cas comme dans l'autre, les résultats peuvent être très intéressants sur le plan de la rentabilité et assurer aux occupants un milieu de travail très agréable. Il importe de se rappeler que la meilleure façon de réduire la consommation d'énergie des installations de CVC est d'abord de réduire la demande en éliminant les apports et les pertes de chaleur inutiles.

- Améliorer l'enveloppe du bâtiment. Dans les immeubles de bureaux, on peut améliorer le pare-vent en calfeutrant les fenêtres et les joints ou en remplaçant les fenêtres par de nouvelles fenêtres recouvertes d'enduits spéciaux qui permettent de réduire les gains solaires inutiles. Pour avoir des renseignements supplémentaires, consulter les fiches techniques suivantes :
  - Le pare-vent - l'un des éléments les plus déterminants de l'enveloppe du bâtiment
  - Les fenêtres perfectionnées.

- Remplacer les appareils d'éclairage par des appareils plus éconergétiques. Nombreux sont ceux qui trouvent inutile de réduire les apports de chaleur provenant de l'éclairage puisque les frais de chauffage augmenteront. En réalité, il n'est pas très efficace de chauffer un immeuble en utilisant les lampes, d'autant plus que celles-ci fonctionnent à l'électricité, qui coûte généralement beaucoup plus cher que le combustible utilisé dans l'équipement de chauffage. En outre, la réduction des charges de refroidissement durant la saison chaude compense habituellement l'augmentation des charges de chauffage durant la saison froide, puisqu'en général, l'équipement de refroidissement fonctionne à l'électricité, ce qui peut entraîner des coûts très élevés associés aux demandes d'énergie pendant les heures de pointe. Pour avoir des renseignements supplémentaires, consulter les fiches techniques suivantes :
  - Lampes fluorescentes
  - Lampes fluorescentes compactes
  - Ballasts de lampes fluorescentes
  - Les détecteurs de présence
  - Les lampes à décharge à haute intensité
  - Les enseignes de sortie
  - Les réflecteurs pour luminaires à lampes fluorescentes
  - Tarifs et pratiques de facturation des services publics.

- Remplacer l'équipement de bureau par de l'équipement plus éconergétique. Les arguments en faveur d'appareils d'éclairage éconergétiques sont également valables ici. Il faut se rappeler que les appareils sont souvent laissés sous tension pendant toute la journée de travail même s'ils ne sont pas utilisés. Cela signifie que la plus grande partie de l'équipement de bureau fonctionnera pendant neuf heures chaque jour ouvrable et cela, cinquante-deux semaines par année, soit un total de plus de 2 300 heures par année. Donc, le fait de réduire d'un kilowatt l'électricité consommée par l'équipement de bureau pourrait permettre d'économiser plus de 2 300 kWh d'électricité, en plus de réduire la demande énergétique.

- Améliorer les installations de CVC. Il existe un grand nombre de moyens de le faire; on peut commencer par appliquer des méthodes d'entretien simples. Pour obtenir des renseignements supplémentaires, consulter les fiches techniques suivantes :
  - Installations de chauffage
  - Installations de ventilation
  - Installations de refroidissement
  - La technologie de la cogénération
  - La technologie du stockage thermique
  - Les pompes à chaleur sur boucle d'eau
  - Les systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie
  - Les moteurs éconergétiques
  - Les variateurs de vitesse.

Conclusions

Il est important de souligner qu'il faut rajuster les installations de CVC après avoir modifié un bâtiment ou lorsque les apports ou les pertes de chaleur changent considérablement à cause, entre autres, de l'évolution du taux d'occupation. Ainsi, on devrait rééquilibrer et rajuster les débits d'air et d'eau circulant dans le bâtiment.

Bien que les installations de CVC soient des systèmes interdépendants et complexes, on peut les régler et en effectuer l'entretien de façon qu'elles puissent assurer, d'une manière éconergétique, le confort des occupants et la qualité du milieu de travail. Les occupants responsables de l'entretien et de l'exploitation de bâtiments, les gestionnaires immobiliers et les locataires doivent tous contribuer à améliorer le fonctionnement des installations de CVC. Les responsables de l'entretien et de l'exploitation de bâtiments doivent se tenir

au courant des nouvelles techniques et méthodes d'entretien des installations; les locataires doivent transmettre leurs commentaires au personnel d'entretien et les gestionnaires immobiliers doivent être au courant de tous les problèmes qui surviennent pour être en mesure de prendre des décisions éclairées quant à l'amélioration des installations.

Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Air Conditioning Systems Design Manual, ASHRAE 581-RP, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, Géorgie, 1993.

ASHRAE Standard Guideline for Commissioning HVAC Systems, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Norme 1-1989.

Cooling and Heating Load Calculation Manual, Faye C. McQuiston et Jeffrey D. Spitler, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1992.

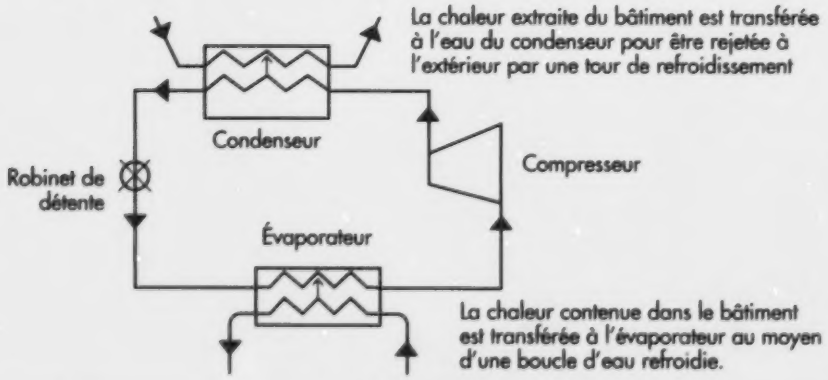
Principles of Heating Ventilating and Air Conditioning, Harry J. Sauer, Jr. et Ronald H. Howell, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1990.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT

Les installations de refroidissement doivent ajuster continuellement la quantité de chaleur fournie au bâtiment en réponse aux apports et aux pertes de chaleur internes qui varient constamment. (Se reporter à la fiche technique intitulée «Installations de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air» pour plus de détails sur les apports et les pertes de chaleur dans un bâtiment.) Les installations de refroidissement peuvent consommer une grande quantité d'énergie dans un immeuble à bureaux. On peut parfois, par des ajustements mineurs ou le simple entretien des installations, améliorer le confort intérieur et créer un milieu de travail plus productif tout en réalisant des économies d'énergie et d'argent. La mise au point des installations de refroidissement est parfois assimilée à une remise en service du bâtiment. La présente fiche technique donne un aperçu des installations de refroidissement que l'on peut trouver dans un édifice à bureaux et quelques-unes des méthodes générales employées pour réduire la consommation d'énergie de ces installations.

Figure 1 - L'équipement de refroidissement qui fonctionne selon un cycle de compression de vapeur consiste en une boucle de frigorigène qui comprend un évaporateur, un compresseur, un condenseur et un robinet de détente.



ÉQUIPEMENT DE REFROIDISSEMENT

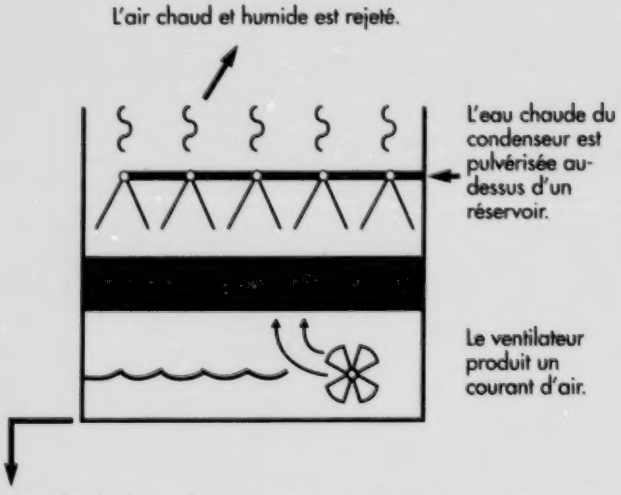
L'équipement suivant peut servir à extraire la chaleur excédentaire d'un bâtiment : refroidisseurs, climatisateurs d'air, tours de refroidissement, refroidisseurs à évaporation et pompes à chaleur. Pour avoir des renseignements sur les pompes à chaleur, consulter la fiche technique intitulée «Installations de chauffage».

Refroidisseurs, conditionneurs d'air, installations hors toit

L'équipement de refroidissement, tel que les conditionneurs d'air, les installations hors toit et certains types de refroidisseurs, fonctionne selon un principe que les ingénieurs-mécaniciens appellent un cycle de compression de vapeur. Dans ce type d'équipement, un frigorigène circule dans une boucle comprenant un évaporateur, un compresseur, un condenseur et un robinet de détente. Fondamentalement, les évaporateurs et les condenseurs sont des échangeurs de chaleur qui transfèrent la chaleur d'un fluide à l'autre. Dans l'évaporateur, le frigorigène absorbe la chaleur du bâtiment et se transforme en gaz. Le compresseur augmente ensuite la température et la pression du frigorigène. Le compresseur est entraîné par un moteur électrique ou à gaz. Dans le condenseur, le frigorigène libère sa chaleur et redevient liquide. Il passe ensuite par le robinet de détente qui en réduit la pression, puis le cycle recommence.

Dans certains types de refroidisseurs, le compresseur est remplacé dans la boucle par un absorbeur et un générateur. Ces types de machines sont appelées refroidisseurs à absorption et elles contiennent, mélangé à de l'eau, un fluide secondaire, ou absorbant, habituellement du bromure de lithium ou de l'ammoniaque, qui sert de frigorigène. Les refroidisseurs à absorption utilisent la chaleur comme force motrice pour la production du froid. Ces machines peuvent être très économiques lorsque la chaleur résiduelle du système de production d'électricité du bâtiment sert à faire fonctionner le refroidisseur. On appelle ce système combiné un système de cogénération (voir la fiche technique intitulée «La technologie de la cogénération»).

Figure 2 - Une tour de refroidissement extrait la chaleur de l'équipement de conditionnement de l'air



Tours de refroidissement

On installe les tours de refroidissement à l'extérieur, en général sur le toit du bâtiment, et on utilise l'air extérieur pour dissiper par évaporation la chaleur produite dans le bâtiment. Comme on peut s'en apercevoir en sortant d'une piscine extérieure, surtout quand il y a du vent, l'évaporation de l'eau produit un refroidissement. Les tours de refroidissement exploitent ce principe en formant une pellicule ou un brouillard d'eau à refroidir qui s'évapore ensuite sous l'action d'un ventilateur ou du vent. La vapeur se condense et l'eau ainsi refroidie est réacheminée vers le bâtiment. Les tours de refroidissement peuvent servir à dissiper la chaleur du condenseur de l'équipement de refroidissement ou à dissiper directement la chaleur d'une boucle d'eau refroidie.

Refroidisseurs à évaporation

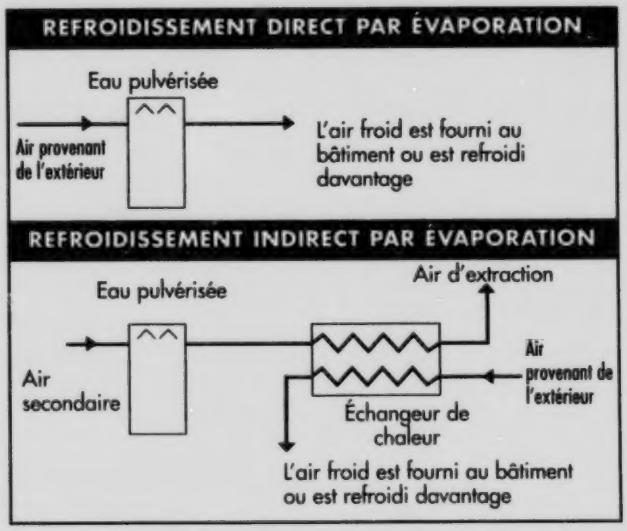
Les refroidisseurs à évaporation utilisent également l'évaporation comme procédé de refroidissement, mais, dans ce cas, c'est l'air de ventilation qui est refroidi par évaporation. Pour le refroidissement direct par évaporation, de l'eau est pulvérisée dans l'air introduit de l'extérieur et l'eau, en s'évaporant, refroidit l'air. Cet air froid peut être distribué dans le bâtiment ou refroidi davantage par d'autres moyens. Pour le refroidissement indirect par évaporation, un courant d'air secondaire est refroidi grâce au refroidissement direct par évaporation et passe ensuite par un échangeur de chaleur de type air-air pour refroidir l'air provenant de l'extérieur. Le courant d'air secondaire est constitué soit de l'air d'extraction, soit de l'air extérieur. Lorsque l'on utilise l'air d'extraction, et ce même s'il n'a pas été refroidi par évaporation, les installations de refroidissement indirect par évaporation peuvent servir au traitement préalable de l'air provenant de l'extérieur. Selon le même principe, ces installations peuvent aussi servir à récupérer la chaleur en hiver.

L'humidité et la température de l'air extérieur sont des facteurs importants qui permettent d'évaluer si, sous un certain climat, le refroidissement par évaporation est ou non économique. Quand il s'agit de refroidissement direct par évaporation, l'air extérieur doit être très sec, car l'évaporation en augmente le degré d'humidité. Les économies d'énergie engendrées grâce au refroidissement par évaporation doivent être comparées à l'énergie supplémentaire qui est nécessaire pour les pompes à eau et les ventilateurs.

CONSEILS PRATIQUES POUR ÉCONOMISER L'ÉNERGIE

Il existe de nombreux moyens de réduire la consommation d'énergie des installations de refroidissement d'un bâtiment. Il peut s'agir de mesures qui n'entraînent que peu ou pas de dépenses, consistant à modifier les méthodes d'exploitation d'une installation ou à effectuer quelques travaux d'entretien, ou au contraire de projets de rénovation plus complexes, comme la modernisation de l'équipement ou la conception d'un nouveau système. Dans un cas comme dans l'autre, les résultats peuvent être très intéressants sur le plan de la rentabilité et assurer aux occupants un milieu de travail plus agréable. Voici quelques conseils pratiques qui vous permettront de rendre vos installations de refroidissement plus éconergétiques.

Figure 3 - Le refroidissement direct ou par évaporation peut servir au refroidissement ou au traitement préalable de l'air.



1. Effectuer régulièrement l'entretien

Tout comme une automobile, l'équipement de refroidissement a besoin d'un entretien périodique pour fonctionner aussi efficacement que possible.

- Les serpentins de refroidissement, ainsi que les ventilateurs et les filtres d'arrivée d'air, doivent être nettoyés régulièrement, et on doit enlever toute accumulation de charpie et de poussière.

- Il faut vérifier les registres, qui commandent l'apport d'air extérieur et le mélange de l'air de reprise avec l'air extérieur, afin de s'assurer qu'ils fonctionnement correctement.
- Les entraînements par courroie doivent être rajustés et remplacés au besoin.
- Les tuyaux et les conduits doivent être munis d'un isolant et réparés selon les besoins afin de réduire les pertes de distribution. Il n'est pas rare que 10 ou 20 p. 100 de l'air circulant dans un conduit n'atteigne pas la pièce à laquelle il était destiné.

2. Régler les commandes

Même sans changer l'équipement de refroidissement, on peut réaliser des économies d'énergie importantes par un simple réglage des systèmes de commande.

- Les températures de l'air et de l'eau d'alimentation doivent être réglées de manière à réduire le refroidissement excessif du fluide.
- Les températures de l'air et de l'eau doivent également être augmentées au cours de la saison chaude pendant les périodes d'inoccupation du bâtiment. Ce faisant, on doit s'assurer que le rétablissement des températures normales du bâtiment ne provoquera pas une demande excessive.
- On doit optimiser la température de l'eau refroidie et de l'eau du condenseur. Ou peut souvent réaliser des économies d'énergie en haussant la température de l'eau refroidie et en abaissant la température de l'eau du condenseur, mais cette méthode nécessite un examen minutieux de l'ensemble du système.
- On doit avoir recours au refroidissement gratuit dans toute la mesure du possible : lorsque la température de l'air extérieur est assez basse, on doit se servir de cet air comme source de refroidissement. On peut se prévaloir du refroidissement gratuit en aspirant de l'air extérieur que l'on mélange avec de l'air de reprise afin d'obtenir la température appropriée pour l'air d'alimentation. Cette méthode fait appel à ce qu'on nomme un cycle économiseur. Une autre manière de profiter du refroidissement gratuit est de se servir de l'air extérieur pour le refroidissement par évaporation, qui a été traité dans la section relative à l'équipement de refroidissement.

3. Améliorer l'équipement

On peut réaliser des économies d'énergie en apportant des modifications mineures à l'équipement. Lorsqu'on le remplace, on doit, quand c'est possible, envisager l'achat d'équipement à haut rendement.

- Utiliser quand c'est possible, des variateurs de vitesse. (Se reporter à la fiche technique intitulée «Les variateurs de vitesse».)
- Installer des ventilateurs de plafond lorsque les plafonds sont très élevés.

4. Modifier les systèmes

Bien que plus compliquée, la modification des systèmes permet souvent de réaliser des économies d'énergie substantielles.

- L'ajout d'équipement de récupération de la chaleur au système de ventilation devient de plus en plus économique à mesure que les coûts de l'énergie et la demande de ventilation s'accroissent. L'équipement de récupération de la chaleur peut permettre de réaliser des économies d'énergie en utilisant la chaleur de l'air d'extraction pour refroidir au préalable l'air d'arrivée avec l'air d'extraction. L'équipement de récupération de la chaleur peut également permettre d'économiser de l'énergie pendant la saison froide en réchauffant l'air d'arrivée avec l'air d'extraction.

- Avec les progrès de l'informatique, les systèmes automatisés de gestion de l'énergie deviennent de plus en plus économiques. (Se reporter à la fiche technique intitulée «Les systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie».)
- Comme il a été dit dans la partie traitant de l'équipement de refroidissement, la tour de refroidissement peut parfois répondre, à elle seule, à la demande de refroidissement, et il n'est alors pas nécessaire d'utiliser des refroidisseurs. À cette fin, on doit toutefois modifier la tuyauterie de telle sorte que la chaleur puisse être transférée directement de l'eau refroidie à la tour de refroidissement par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur.
- En général, les refroidisseurs fonctionnent mieux à pleine charge qu'à charge partielle. Par conséquent, il est préférable d'utiliser plusieurs appareils plutôt qu'une seule machine de grande capacité.

Conclusions

On peut régler les installations de refroidissement et en effectuer l'entretien afin qu'elles puissent assurer, d'une manière éconergétique, le confort des occupants et la qualité du milieu de travail. Les responsables de l'entretien et de l'exploitation de bâtiments, les gestionnaires immobiliers et les locataires doivent tous contribuer à améliorer le fonctionnement des installations de refroidissement. Les responsables de l'entretien et de l'exploitation de bâtiments doivent se tenir au courant des nouvelles techniques et méthodes d'entretien; les locataires doivent transmettre leurs commentaires au personnel d'entretien et les gestionnaires immobiliers doivent être au courant de tous les problèmes qui surviennent pour être en mesure de prendre des décisions éclairées quant à l'amélioration des installations.

Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Air Conditioning Systems Design Manual, ASHRAE 581-RP, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, Géorgie, 1993.

ASHRAE Handbook — Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1993.

ASHRAE Standard Guideline for Commissioning HVAC Systems, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Norme 1-1989.

Cooling and Heating Load Calculation Manual, Faye C. McQuiston et Jeffrey D. Spitler, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1992.

Energy Management Handbook, Wayne C. Turner, The Fairmont Press, Inc., 2e édition, 1993.

Handbook of Energy Engineering, Albert Thumann et D. Paul Mehta, The Fairmont Press, Inc., 1991.

Heating, Ventilating, and Air Conditioning — Analysis and Design, Faye C. McQuiston et Jerald D. Parker, 3e édition, John Wiley & Sons, Inc., 1988.

Principles of Heating Ventilating and Air Conditioning, Harry J. Sauer, Jr. et Ronald H. Howell, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., 1990.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

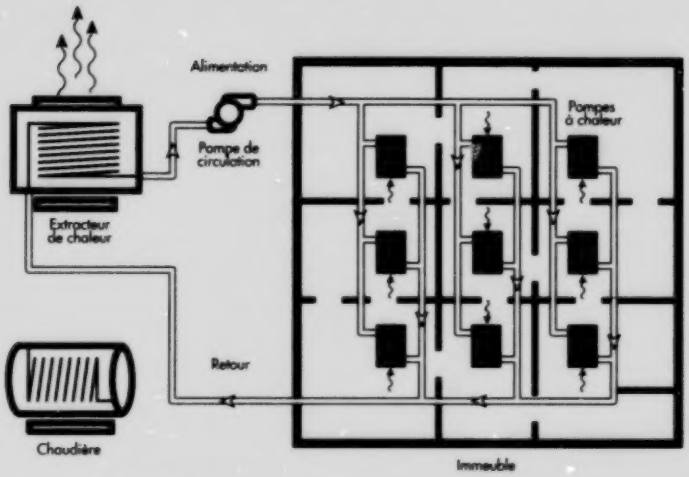
LES POMPES À CHALEUR SUR BOUCLE D'EAU

Les pompes à chaleur sur boucle d'eau utilisées pour le chauffage et la climatisation allient simplicité, efficacité et souplesse d'utilisation. En plus d'assurer le chauffage ou la climatisation d'un immeuble, une pompe à chaleur sur boucle d'eau permet de réaliser des économies d'énergie, car elle peut transférer la chaleur d'une zone qui a besoin d'être refroidie à une zone qui a besoin d'être réchauffée.

La plupart des immeubles de bureaux comprennent deux zones distinctes qui ont des besoins très différents : le cœur (zone intérieure) et la périphérie (zone périmétrique). Le cœur, qui se trouve au centre de l'immeuble, n'est pas influencé par la position du soleil ou par les conditions météorologiques, sauf au dernier étage si le toit est exposé. La zone périphérique (qui s'étend du mur extérieur de l'immeuble vers l'intérieur, sur une distance de 3,7 à 4,6 m) subit de grandes variations de température en fonction de la position du soleil, des conditions météorologiques, des gains thermiques internes (chaleur dégagée par l'équipement du bureau, l'éclairage et les occupants) et des pertes thermiques.

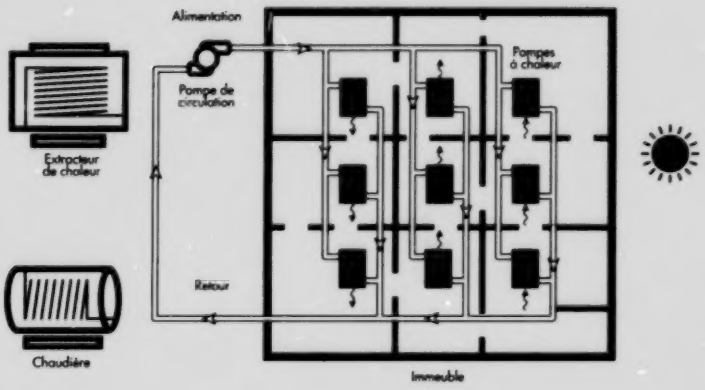
À la mi-saison, c'est-à-dire entre le printemps et l'été, et entre l'automne et l'hiver, il peut arriver que le côté ensoleillé de l'immeuble ait besoin de climatisation tandis que l'autre côté ait besoin de chauffage. En hiver, il faut chauffer la zone périphérique pour compenser les pertes thermiques de l'enveloppe. Cela est particulièrement critique la nuit, où il n'y a pratiquement aucun gain thermique interne (éclairage, occupants, équipement), aucun gain thermique externe (soleil) et où la température extérieure est moins élevée. Il est souvent nécessaire de climatiser le cœur de l'immeuble toute l'année pendant les heures ouvrables, pour compenser les gains thermiques constants et relativement uniformes.

ÉTÉ



La chaleur extraite de l'air des locaux est transférée dans la boucle d'eau. L'extracteur de chaleur dissipe cette chaleur à l'extérieur.

PRINTEMPS ET AUTOMNE



La chaleur absorbée par la boucle du côté ensoleillé de l'immeuble peut servir à chauffer l'autre côté de l'immeuble.

Un système de climatisation ordinaire exige des sources indépendantes de chauffage et de réfrigération toute l'année. Cela veut dire que les systèmes de production de chaleur et de froid fonctionnent en opposition et gaspillent tous les ans des quantités indéterminées d'énergie. Les pompes à chaleur sur boucle d'eau permettent de mettre fin à ce gaspillage d'énergie dans le chauffage et la climatisation simultanés, en optimisant le transfert de chaleur au sein de l'immeuble.

LA TECHNOLOGIE DES POMPES À CHALEUR SUR BOUCLE D'EAU – LE PRINCIPE

Une pompe à chaleur est un dispositif qui permet le chauffage et la climatisation grâce à un cycle réversible de réfrigération. En mode chauffage, la pompe à chaleur sur boucle d'eau absorbe la chaleur de l'eau en circulation et la rejette dans les conduites de chauffage à air pulsé. En mode climatisation, elle refroidit l'air et rejette dans l'eau en circulation l'énergie thermique absorbée au cours du processus.

Les systèmes de chauffage et de climatisation qui fonctionnent toute l'année consistent en une série de pompes à chaleur sur boucle d'eau qui sont reliées par un réseau de canalisations en boucle. L'eau qui circule dans la boucle est maintenue à une température située entre 15 °C et 35 °C environ. En hiver, quand on a besoin d'un supplément de chaleur, un dispositif de chauffage (chaudière au gaz

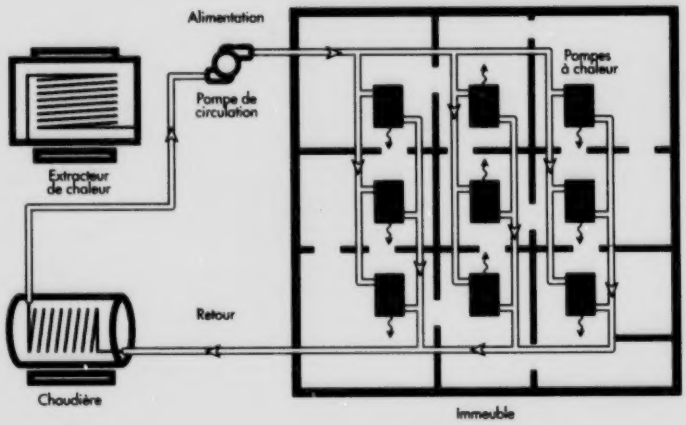
ou résistances chauffantes électriques) se met en marche pour réchauffer l'eau dans la boucle. En été (ou quand les gains thermiques internes sont excessifs), l'excès de chaleur est rejeté dans l'atmosphère par une tour de refroidissement (éliminateur de chaleur).

L'eau de la boucle sert à la fois de puits thermique (qui absorbe la chaleur) et de source thermique (qui dégage de la chaleur). Une pompe à chaleur individuelle peut tirer de la chaleur de la boucle ou en rejeter dans le circuit n'importe quand. Chaque occupant peut choisir le mode chauffage ou climatisation pour sa propre zone sans que cela ait la moindre répercussion sur les autres zones de l'immeuble, à n'importe quelle période de l'année. Dans les installations à unités multiples, quand certaines pompes fonctionnent en mode climatisation pendant que d'autres fonctionnent en mode chauffage, il faut s'assurer, à l'aide de dispositifs de régulation, que la température de l'eau dans la boucle reste à l'intérieur des limites prescrites.

Avantages

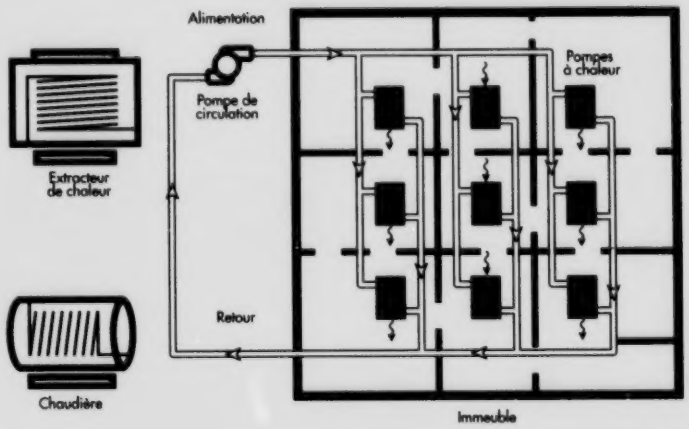
- ***Économies d'énergie*** – Ce système permet de conserver l'énergie en récupérant la chaleur des zones intérieures, la chaleur gaspillée ou les deux et en emmagasinant la chaleur excédentaire obtenue pendant le refroidissement diurne afin de l'utiliser pour le chauffage nocturne.
- ***Possibilités de rénovation*** – On peut remplacer les canalisations d'air encombrantes et les climatiseurs

Hiver



La chaleur est fournie à la boucle d'eau par la chaudière et absorbée par les pompes à chaleur pour assurer le chauffage des locaux.

Charges élevées au centre



Lorsque le tiers au moins des pompes à chaleur refroidissent des locaux, la boucle absorbe assez de chaleur pour combler tous les besoins en chauffage du périmètre, même en hiver.

bruyants par une seule canalisation en boucle qui parcourt tout l'immeuble.

- ***Frais d'installation et d'entretien moins élevés*** – Dans les immeubles neufs, on peut réduire les frais de main-d'œuvre et les coûts des matériaux de construction, parce que la plupart des systèmes sont assemblés à l'usine. Il n'est pas non plus nécessaire de procéder à une isolation souvent encombrante et coûteuse, car l'eau de la boucle se maintient aux environs de la température ambiante. Le coût total du système sur son cycle de vie se compare souvent favorablement à celui des systèmes centraux quand on tient compte du coût de l'équipement installé, des frais d'exploitation et de la durée de vie du système. Les pompes à chaleur sur boucle d'eau ont une plus longue durée de vie prévue que les pompes à chaleur à refroidissement par air.
- ***Plus de confort*** – Les pompes à chaleur sur boucle d'eau sont moins bruyantes que les systèmes à refroidissement par air, parce qu'il n'y a pas de ventilateurs de condenseur.
- ***Souplesse d'exploitation et d'expansion*** – La panne d'une pompe à chaleur particulière n'entraîne pas la mise hors service de tout le système. En cas de modification ultérieure de l'immeuble, on peut facilement installer des pompes de plus grande capacité pour répondre à des besoins accrus de chauffage ou de climatisation, sans modifications coûteuses. Comme les pompes ne sont pas exposées aux intempéries, on peut les utiliser dans des immeubles situés en bord de mer ou dans d'autres milieux corrosifs.
- ***Possibilité de stockage de l'énergie thermique*** – Il est facile de modifier un système de pompes à chaleur sur boucle d'eau pour lui faire stocker de la chaleur qu'on pourra utiliser plus tard. En installant un réservoir d'eau dans la boucle, on peut utiliser la chaleur excédentaire produite pendant la journée pour réchauffer l'eau du réservoir. La chaleur ainsi emmagasinée peut servir à chauffer l'immeuble pendant la nuit, en fin de semaine ou le matin, pour ramener la température de l'immeuble à un niveau normal. On peut également réchauffer l'eau du réservoir à l'aide d'appareils électriques en profitant des tarifs hors-pointe. Cela permet de réduire la demande d'électricité de pointe pendant la journée. Pour la climatisation, on peut refroidir l'eau du réservoir à l'aide de l'éliminateur de chaleur et l'emmagasiner pour l'utiliser quand la demande de climatisation est forte pendant la journée.

Applications

On doit envisager l'emploi de pompes à chaleur chaque fois qu'on a à choisir un système de chauffage et de climatisation pour un immeuble. Selon la configuration de l'immeuble, le coût total d'un système de pompes à chaleur sur boucle d'eau comprenant une pompe par zone est souvent inférieur à celui d'un

système ne comportant qu'une seule pompe centrale desservant l'ensemble de l'immeuble. De longues heures de fonctionnement, une forte charge d'éclairage et un faible rapport de la superficie des fenêtres à celle des murs sont autant de facteurs qui favorisent la sélection d'une pompe à chaleur. Le système est également intéressant dans le cas des immeubles où l'on veut mesurer la consommation individuelle de chaque occupant. La souplesse du système permet d'augmenter ou de réduire la capacité d'unités individuelles pour répondre aux besoins de nouveaux locataires.

Exemple d'économies

Des pompes à chaleur sur boucle d'eau ont été choisies pour la rénovation des systèmes de chauffage et de climatisation d'un immeuble de bureaux de Toronto. L'immeuble de 11 étages a une surface brute de plancher de 70 000 pieds carrés (6 511 mètres carrés) et a été construit en 1952. En 1985, le système désuet et peu fiable de CVC a été rénové. Le système de chauffage et de climatisation d'origine consistait en ventilo-convecteurs périphériques et en un système central d'air frais. La climatisation était assurée par un refroidisseur alternatif central, qui tombait fréquemment en panne. Le chauffage était assuré par de la vapeur achetée à une source extérieure. Le nouveau système comprend 135 pompes à chaleur périphériques reliées entre elles et dont le poids moyen est de $^3/_4$ de tonne, ainsi que 18 pompes intérieures de 3,5 tonnes chacune, installées dans des armoires. Après les rénovations, l'énergie totale consommée par les pompes à chaleur revient, en moyenne, à moins de 1,30 $ le pied carré, (13,98 $ le mètre carré) ce qui correspond à des économies de plus de 10 000 $ par an.

Pour plus d'information, s' adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Commercial Electric Energy Manual - Applications, Ontario Hydro, mars 1987.

Commercial Electric Energy Manual - Fundamentals, revisé en 1991, Ontario Hydro.

Electric Options, Lehndorff Retrofits for Savings and Comfort, Ontario Hydro, juillet 1990.

Les pompes à chaleur sur boucle d'eau et les économies d'énergie, Ontario Hydro.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LA TECHNOLOGIE DU STOCKAGE THERMIQUE

La climatisation est la forme de consommation d'électricité qui connaît la croissance la plus rapide en Amérique du Nord. L'équipement de climatisation ajoute considérablement à la charge des systèmes de distribution de tous les services d'électricité, et les charges de pointes causées par l'équipement de climatisation surviennent naturellement pendant la journée. Pour écrêter la demande, de nombreux services d'électricité appliquent un tarif horaire : en période hors pointe, la prime de puissance est réduite ou n'est pas appliquée, et l'électricité coûte moins cher.

Le stockage du froid est le seul moyen viable de profiter du tarif horaire en entreposant du froid la nuit, quand l'électricité coûte moins cher, afin de l'utiliser pour la climatisation en période de pointe. En utilisant le froid emmagasiné pour la climatisation pendant les périodes de pointe, on peut réduire la prime de puissance à payer et atteindre un profil de consommation relativement stable (voir la figure 1).

Profil de charge

Le profil de charge offre le meilleur moyen de comprendre le stockage thermique et de l'appliquer à une installation. On dresse un profil de charge en traçant les charges de climatisation en fonction du temps. Dans la plupart des immeubles fédéraux, la consommation d'électricité est faible très tôt le matin, quand les bureaux sont vides, et atteint un maximum vers midi, avant de commencer à baisser en début de soirée (voir la figure 2). La «bosse» sur le graphique se produit pendant la période de tarif de pointe du service d'électricité, mais diverses techniques de stockage permettent de la réduire. Ces techniques varient en fonction de la proportion de la demande de pointe qu'elles permettent de remplacer, ce qui est fonction de la quantité d'énergie qui peut être emmagasinée.

- Les systèmes à ***stockage intégral*** emmagasinent pendant les heures creuses toute l'énergie thermique qu'exigera la climatisation pendant la période de pointe. Ce genre de système doit avoir une assez grande capacité, parce qu'il faut pouvoir emmagasiner suffisamment d'énergie thermique pour répondre à la demande normale de climatisation. Ces systèmes conviennent bien à des projets de rénovation, parce qu'on peut les concevoir de façon à éviter le coût d'une capacité de refroidissement supplémentaire.
- Le ***stockage partiel*** consiste à emmagasiner de l'énergie thermique pour remplacer une partie seulement de la charge de climatisation. On se sert à la fois de l'énergie emmagasinée et de l'équipement de climatisation en place pour satisfaire à la demande. Les systèmes à stockage partiel constituent un bon choix parce qu'ils exigent un plus petit équipement de stockage que les systèmes à stockage intégral. Les deux techniques les plus courantes sont le stockage partiel à limitation de la demande et le stockage partiel à nivellement de la charge.
- Le *stockage partiel à limitation de la demande* sert à maintenir à un niveau prédéterminé la consommation maximale d'électricité d'une installation pendant la journée. Normalement, ce niveau de demande de pointe est établi en fonction de charges autres que la charge de climatisation.

FIGURE 1 - LE STOCKAGE DU FROID

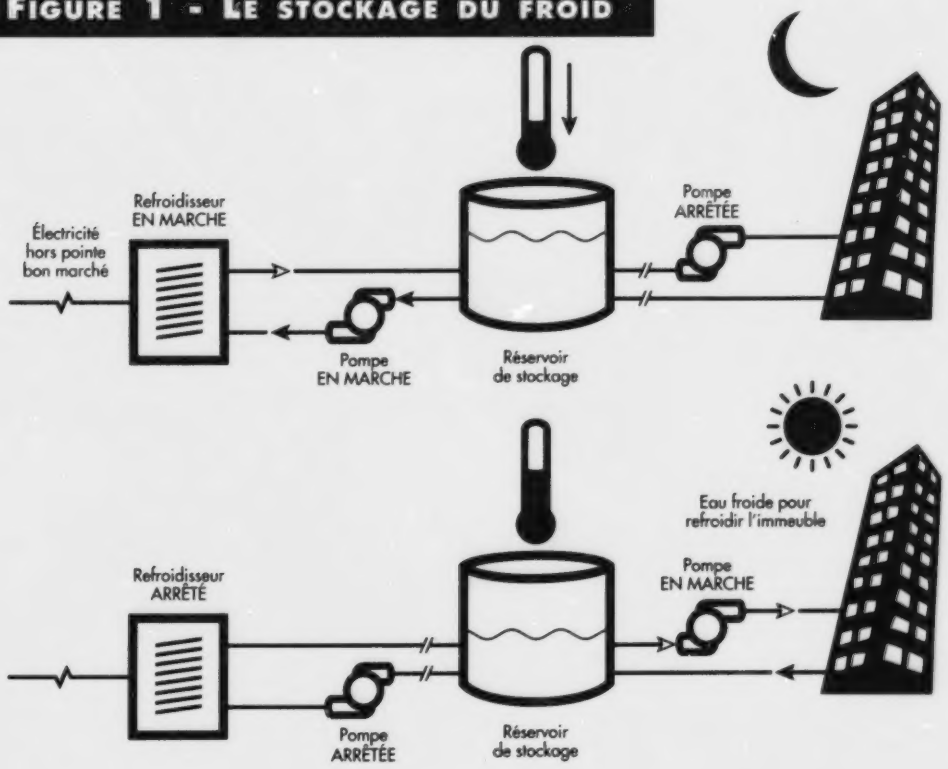
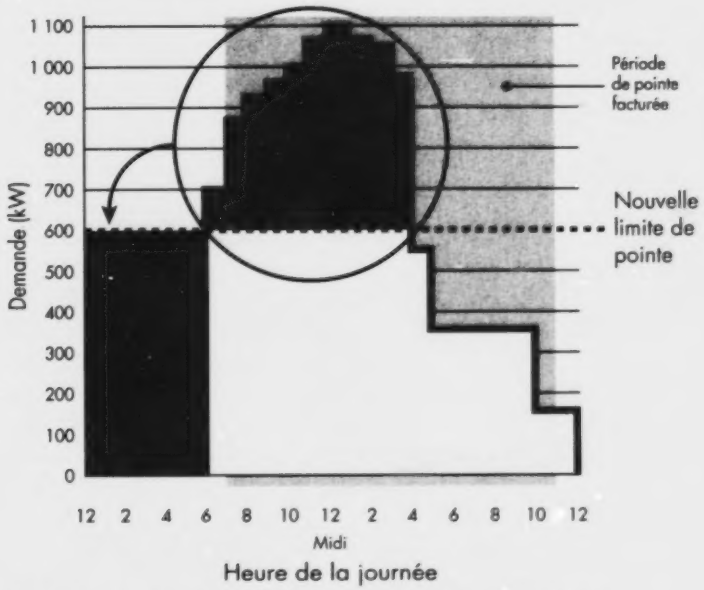


FIGURE 2 - LE PROFIL DE CHARGE



La demande de froid de pointe est déplacée hors pointe à un tarif moindre.

- Le *stockage partiel à nivellement de la charge* nivelle la demande d'électricité utilisée pour la climatisation pour une «journée de calcul» précisée. L'énergie emmagasinée ne satisfait qu'une partie seulement de la charge de climatisation d'une installation. Dans ce type de système, qui coûte le moins cher à installer, on utilise le minimum de capacité de stockage thermique.

LA TECHNOLOGIE DU STOCKAGE DU FROID – LE PRINCIPE

Comme il est très difficile et coûteux d'emmagasiner l'électricité, on doit utiliser l'électricité hors pointe bon marché pour refroidir une substance pouvant être stockée jusqu'à ce qu'on l'utilise pendant les heures de pointe de la journée. À l'heure actuelle, la climatisation de la plupart des bâtiments est assurée par un dispositif appelé refroidisseur. Un refroidisseur est un groupe frigorifique autonome conçu pour la production d'eau froide ou de saumure. Ses moteurs consomment beaucoup d'électricité. On économise de l'énergie en faisant fonctionner le refroidisseur pendant les heures creuses pour refroidir l'eau ou fabriquer de la glace. Ensuite, au lieu de faire fonctionner le refroidisseur pendant les heures de pointe, on l'arrête et on fait circuler la glace ou l'eau froide emmagasinée pour refroidir le bâtiment.

- ***Stockage dans l'eau*** – L'eau est actuellement le meilleur milieu de stockage thermique et le plus pratique en raison de son faible coût, de sa grande capacité de stockage thermique, de sa non-toxicité, de sa longue durée de vie et de sa facilité d'utilisation.

- ***Stockage dans la glace*** – Les systèmes de stockage dans la glace sont populaires dans les projets de rénovation où l'espace peut être limité, parce que la glace, à volume égal, peut emmagasiner 10 fois plus de froid que l'eau réfrigérée. Dans de nombreux cas, il est facile de concevoir un système de stockage dans la glace pour répondre à la totalité des besoins de refroidissement d'un bâtiment pendant la période de pointe.

Il existe d'autres matériaux de stockage, mais la toxicité, le coût, la capacité de stockage thermique et la détérioration sont des facteurs qu'il faut examiner de près.

Distribution d'air froid

Un important avantage du stockage du froid est qu'il permet d'utiliser de l'eau à température plus basse, ce qui produit de plus faibles températures d'air dans les systèmes de traitement de l'air. (Le liquide froid des réservoirs de stockage est pompé jusqu'à la zone des gaines de traitement de l'air, où il passe dans de nombreux serpentins. Des ventilateurs soufflent l'air sur les serpentins, où il se refroidit.) Le stockage thermique produit de l'air à 7 °C au lieu de la température normale de 13 °C. Plus l'air est froid, plus il est dense et moins il occupe de place. Comme il faut des volumes d'air moins importants, les ventilateurs consomment moins d'énergie. Un autre avantage est une plus forte déshumidification de l'air de refroidissement. En été, une pièce moins humide peut être maintenue à une température légèrement plus élevée tout en restant confortable.

Les systèmes mécaniques qui distribuent de l'air froid à une température de 7 °C sont moins chers que les systèmes ordinaires, parce qu'il faut des unités de plus petite capacité. Pratiquement tous les avantages financiers découlent d'économies d'espace et d'une réduction des frais structuraux et des frais d'électricité. Plus précisément, il s'agit de la réduction des hauteurs de plafond, des dimensions des salles des machines et des colonnes montantes et de la longueur du câblage électrique. Là où on a besoin d'une plus forte charge de climatisation, le système de distribution d'air froid permet de faire circuler plus d'air froid sans avoir à installer de nouvelles gaines ou de nouveaux ventilateurs. La technologie de la distribution d'air froid permet à de nombreux projets d'avoir un coût de revient de base comparable à celui des systèmes de climatisation sans stockage thermique.

Le stockage thermique augmente la souplesse d'exploitation de l'équipement avec une plus grande capacité de charge et des périodes d'exploitation plus courtes.

Exemple d'économies

Une tour à bureaux de 26 étages du centre-ville d'Ottawa vient d'être équipée d'un système de stockage thermique dans la glace. L'immeuble de 1,2 million de pieds carrés (111 627 m^2) a vu sa consommation de pointe chuter de 479 kW, ce qui représente plus de 44 000 $ d'économies par année.

Pour plus d'information, s'adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Thermal Cool Storage Reference Guide, 2e édition, Ontario Hydro, 1990.

Accumulation thermique, Série de la gestion de l'énergie, n° 19, Énergie, Mines et Ressources Canada, 1987.

Commercial Electric Energy Manual – Fundamentals, révisé en 1991, Ontario Hydro.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LES FENÊTRES ET LES LUMINAIRES

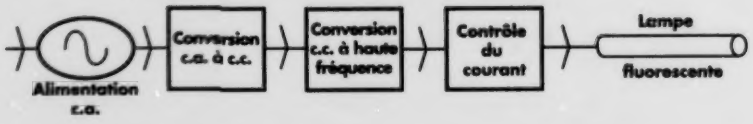
BALLASTS DE LAMPES FLUORESCENTES

Le ballast, dont le rôle est de contrôler la puissance appliquée aux lampes fluorescentes, constitue un élément primordial du système d'éclairage fluorescent. Des techniques de pointe permettent la fabrication de ballasts plus efficaces, plus durables, d'entretien moins coûteux et qui assurent un éclairage de meilleure qualité tout en produisant moins de bruit et de chaleur.

LA TECHNOLOGIE DES BALLASTS — LE PRINCIPE

Le ballast contrôle la tension appliquée au moment de l'allumage d'une lampe et le courant requis pour la faire fonctionner. Il sert de transformateur qui, selon le besoin, augmente ou diminue la tension fournie à la lampe. Cette opération consomme de l'énergie, soit de 6 à 14 watts. Par conséquent, lorsqu'on débranche des tubes pour réduire l'intensité de l'éclairage, il est très important de débrancher aussi les ballasts, sinon ils continueront de consommer de l'énergie, même s'ils ne sont pas raccordés à des tubes. La figure 1 montre les fonctions du ballast.

Figure 1 — Les fonctions du ballast



Il existe deux principaux types de ballasts : les ballasts électromagnétiques ou magnétiques (standard ou à haut rendement énergétique) et les ballasts électroniques. On utilise habituellement des ballasts électromagnétiques standard avec les lampes fluorescentes, mais les nouveaux ballasts magnétiques ou électroniques à haut rendement énergétique gagnent en popularité.

- Les ballasts magnétiques, à noyau et bobine, se composent d'un noyau central constitué de feuilles d'acier empilées et entouré de bobines de cuivre ou d'aluminium. Dans les nouveaux ballasts électromagnétiques à haut rendement, les bobines de cuivre sont conçues de manière à augmenter grandement la surface de contact et le noyau est fabriqué de matériaux de meilleure qualité.

Tableau 1 - Consommation des ensembles ballast-lampe (watts)

	Type de ballast		
Type de lampe	Magnétique standard	Magnétique à haut rendement	Électronique
T12-40W	96 W	88 W	73 W

Le tableau 1 ci-dessus présente une comparaison entre la puissance consommée par différents systèmes ballast-lampe. Les valeurs données sont des valeurs approximatives pour un seul ballast alimentant deux lampes T12-40 W. Les valeurs réelles varieront légèrement selon le ballast et les lampes utilisées. Les ballasts magnétiques à haut rendement consomment environ 10 p. 100 moins d'énergie que les ballasts magnétiques standard, alors que les ballasts électroniques utilisent environ 25 p. 100 moins d'énergie.

- Les ballasts électroniques, ou ballasts à semiconducteurs, utilisent des composants électroniques et peuvent faire fonctionner les lampes à des fréquences beaucoup plus élevées, soit d'environ 20 000 à 40 000 hertz (Hz) au lieu des 60 Hz des ballasts magnétiques. À ces fréquences plus élevées, le rendement des lampes fluorescentes peut augmenter de 10 à 15 p. 100. Les **pertes par effet du ballast*** sont par ailleurs plus faibles dans le cas du ballast électronique.

AVANTAGES DE LA NOUVELLE TECHNOLOGIE DES BALLASTS

Les nouveaux ballasts magnétiques à haut rendement et les ballasts électroniques présentent divers avantages par rapport aux ballasts magnétiques standard.

Réduction des frais d'électricité

La nouvelle technologie des ballasts est synonyme de meilleur rendement énergétique, permettant de produire autant, sinon plus, de lumière tout en réduisant les frais d'électricité. Lorsqu'on utilise des ballasts à haut rendement énergétique, la consommation et la demande électriques sont réduites pour deux raisons : tout d'abord, le système d'éclairage lui-même consomme moins d'énergie, et ensuite le système de climatisation consomme aussi moins d'énergie parce que les ballasts à haut rendement produisent moins de chaleur réduisant par le fait même la charge de climatisation. La charge de chauffage peut aussi augmenter légèrement, mais il est plus avantageux de compter sur un système de chauffage approprié plutôt que sur des ballasts électroniques ou l'éclairage électrique pour chauffer un immeuble.

Réduction du bruit

Les ballasts électroniques produisent peu ou pas de ronflement.

Réduction du scintillement

Les lampes fluorescentes émettent de la lumière lorsque le revêtement interne de phosphore de leur tube est activé. (Voir la fiche technique sur les «Lampes fluorescentes».) Lorsque le ballast est électronique, le revêtement de phosphore demeure continuellement activé à cause de la haute fréquence de fonctionnement. Le scintillement et la fatigue oculaire qui en résulte sont ainsi réduits.

* Les **pertes par effet du ballast** représentent la quantité d'énergie qu'un ballast perd sous forme de chaleur, de vibrations et de fuite de courant lorsqu'il alimente une lampe fluorescente.

Prolongement de la vie utile

La durée de vie d'un ballast standard fonctionnant à 90 °C est habituellement de 12 ans, mais cette période est grandement réduite lorsque la température de fonctionnement augmente. Si cette température est de 10 °C supérieure à 90 °C, la vie utile sera réduite d'environ 50 p. 100, alors que la durée de vie sera presque doublée si la température de fonctionnement est abaissée de 10 °C. Les ballasts à haut rendement fonctionnent à de plus basses températures et leur durée de vie prévue peut presque doubler.

Remplacement des ballasts

Lorsque les ballasts font souvent défaut et que tout un ensemble de ballasts approche la fin de sa vie utile, on recommande le remplacement des ballasts. Il convient de remplacer les ballasts par groupes pour réduire les frais de main-d'œuvre. Il faut toujours envisager l'emploi de ballasts à haut rendement lorsque l'on remplace des ballasts ou que l'on adapte des systèmes d'éclairage.

Plusieurs facteurs doivent guider le choix d'un ballast. Le ballast choisi doit convenir à la tension d'alimentation disponible ainsi qu'à la lampe qu'il alimentera. Il doit aussi présenter les caractéristiques suivantes :

- faibles pertes dues au fonctionnement du ballast
- **facteur de puissance*** élevé
- **facteur de ballast**** élevé
- faible **distorsion harmonique totale*****
- classification de type P si le ballast doit fonctionner à l'intérieur, signifiant ainsi que le ballast comporte une protection thermique
- indice de niveau de bruit : l'indice de niveau de bruit est une lettre de A à F, A correspondant au niveau de bruit le plus faible et F, au plus élevé
- conformité aux spécifications de l'ANSI (American National Standards Institute). La présence d'une étiquette CBMA (Certified Ballast Manufacturers Association) signifie que le ballast est conforme aux spécifications ANSI.

Lorsque l'on change des ballasts, il faut aussi tenir compte des effets possibles sur l'environnement. En effet, les ballasts fabriqués avant 1979 contiennent de petites quantités de PCB et doivent être entreposés en lieu sûr en attendant la destruction des PCB. Les nouveaux ballasts ne contiennent pas de PCB. On entrera en communication avec le ministère de l'Environnement pour obtenir de l'information sur le traitement des ballasts contenant des PCB.

Exemple d'économies

La figure 2 montre les économies annuelles d'énergie d'éclairage qui peuvent être réalisées en remplaçant 100 ballasts magnétiques standard par des ballasts magnétiques à haut rendement ou des ballasts électroniques. Cet exemple suppose que chaque appareil d'éclairage alimente deux lampes T12-40W

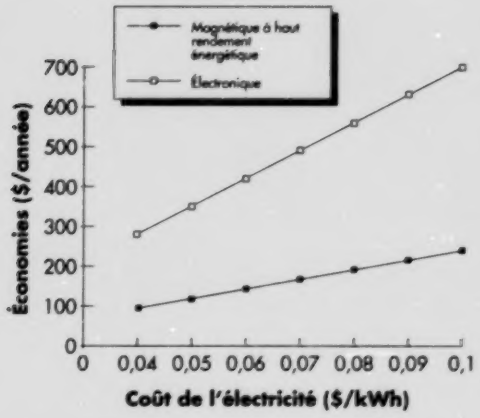
*Le **facteur de puissance** est le rapport de la puissance qui produit réellement un travail, mesurée en kilowatts (kW), aussi connue comme puissance résistive, sur la puissance apparente totale, mesurée en kilovolt-ampère (kVA). Le facteur de puissance est un chiffre entre 0 et 1, les chiffres se rapprochant de 1 étant préférables. Les compagnies d'électricité facturent habituellement un montant supérieur lorsque le facteur de puissance global de l'électricité fournie à un client est inférieur à une valeur donnée.

Le **facteur de ballast est le rapport de la quantité de lumière produite par un ensemble ballast-lampe sur la quantité spécifiée pour la lampe par son fabricant.

***La **distorsion harmonique totale** est une mesure de la distorsion produite par les composantes haute fréquence des ondes, aussi appelées harmoniques. Pendant son fonctionnement, un ballast peut générer des harmoniques qui peuvent avoir un effet nuisible sur le fonctionnement d'équipements électroniques sensibles comme les ordinateurs. Les améliorations techniques apportées aux ballasts modernes font qu'ils produisent moins d'harmoniques que leurs prédécesseurs.

(ayant une puissance nominale comme dans le tableau 1) 3 000 heures par année. Les économies sont plus grandes quand le coût est plus élevé.

Figure 2 - Économies annuelles d'énergie d'éclairage en remplaçant 100 ballasts magnétiques standard par des ballasts utilisant la nouvelle technologie



Au Canada en 1993, les clients commerciaux payaient entre 0,045 $ et 0,11 $ par kilowatt-heure (kWh) d'électricité, taxes et frais relatifs à la consommation maximale compris. Dans l'exemple ci-dessus, selon le tarif de l'électricité en 1993, un client commercial au Canada économiserait entre 100 $ et 200 $ par année en installant des ballasts magnétiques à haut rendement et entre 300 $ et 700 $ en passant aux ballasts électroniques.

Conclusions

Pour évaluer divers ensembles ballast-lampe, il faut faire une analyse du coût du cycle de vie en tenant compte des divers choix possibles. Les coûts du cycle de vie tiendraient compte des coûts en capitaux, des frais d'installation, des frais d'exploitation et d'entretien, ainsi que de toute mesure incitative du service public d'électricité local. Une telle analyse tiendrait également compte des économies réalisées par réduction de la charge de climatisation.

Pour plus d'information, s' adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Applied Illumination Engineering, Jack Lindsey, Fairmont Press Inc., 1991.

Energy $aver$ - For Business and Industry, Alberta Energy, Energy Efficiency Branch, vol. 4, nº 5, 1992.

The Evaluation of Electronic Ballasts, Association canadienne de l'électricité, CEA 8912 U 791, Rapport final, octobre 1992.

Guide to Performance Evaluation of Efficient Lighting Products, National Lighting Product Information Program, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, juin 1991.

Handbook of Energy Engineering, Albert Thumann et D. Paul Mehta, The Fairmont Press Inc., 1991.

An Introduction to Light and Lighting, Illumination Engineering Society of North America, 1991.

Lighting - Reference Guide, Product Knowledge Series, Ontario Hydro, 4e édition, 1990.

Specifier Reports - Electronic Ballasts, National Lighting Product Information Program, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, vol. 1, nº 1, décembre 1991.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LAMPES FLUORESCENTES

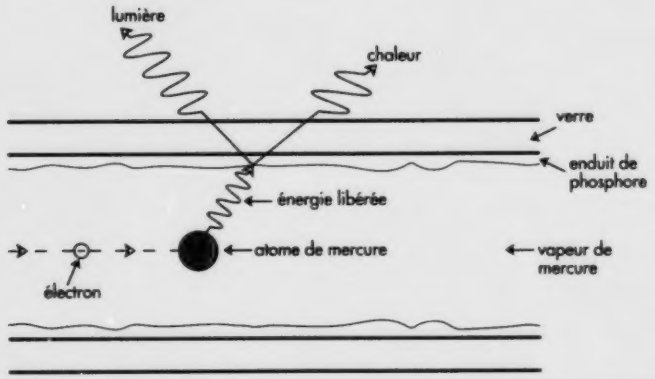
Les lampes fluorescentes constituent la pierre angulaire de l'éclairage dans les immeubles commerciaux en Amérique du Nord. L'éclairage fluorescent compte pour plus de 30 p. 100 de la consommation d'électricité des immeubles à bureaux. Sans compromettre la qualité de l'éclairage, il est possible de réduire la facture énergétique de l'éclairage de nombreux immeubles de plus de 30 p. 100 en adoptant les nouvelles techniques d'éclairage fluorescent.

Un système d'éclairage fluorescent se compose de lampes fluorescentes, d'un luminaire (boîtier avec réflecteur) et d'un ballast (pour régulariser la tension et le courant d'alimentation des lampes). La présente fiche technique porte sur les lampes fluorescentes; les ballasts et les réflecteurs sont traités dans d'autres fiches.

LA TECHNOLOGIE DES FLUORESCENTS — LE PRINCIPE

Une lampe fluorescente type est constituée d'un tube en verre scellé, rempli d'un mélange d'un gaz à faible pression (comme de l'argon ou du néon) et de vapeur de mercure, muni d'électrodes aux extrémités et dont la paroi intérieure est enduite d'une poudre phosphorescente ou fluorescente.

Figure 1 - Principe de fonctionnement d'une lampe fluorescente



Lorsqu'une tension donnée est appliquée à la lampe, des électrons passent d'une électrode à l'autre. Lorsque les électrons entrent en collision avec les atomes de mercure, de l'énergie est absorbée, puis libérée par les atomes de mercure. L'énergie libérée excite le revêtement de phosphore et se transforme en chaleur et en lumière visible.

Avantages de la nouvelle technologie des fluorescents

Plus efficaces et éconergétiques

Les nouvelles lampes fluorescentes d'aujourd'hui ont une plus grande **efficacité***; elles produisent plus de lumière pour une même consommation d'énergie.

- Le krypton dans les tubes permet d'utiliser des tensions plus faibles.
- Une couche de terres rares luminescentes est ajoutée à une couche de luminophores ordinaires, ce qui a pour effet de produire plus de lumière et moins de chaleur.

Par conséquent, non seulement la facture énergétique pour l'éclairage est-elle directement réduite, mais la charge de climatisation l'est aussi indirectement car les gains thermiques de l'immeuble sont moindres. La charge de chauffage peut aussi augmenter légèrement, mais il est plus avantageux de compter sur un système de chauffage approprié plutôt que sur l'éclairage électrique pour chauffer un immeuble.

Lumière de meilleure qualité

Les nouvelles lampes fluorescentes ont aussi un **indice de rendu des couleurs (IRC)**** plus élevé. Dans le passé, les tubes fluorescents avaient des IRC relativement faibles, de 50 à 70 en général. Maintenant, l'IRC des nouveaux luminophores dépassent 80. Par exemple, l'IRC des lampes au tri-phosphore T8 est de 75 à 86. Les nouvelles lampes fluorescentes sont aussi offertes dans toute une gamme de **températures de couleur*****.

Plus grande durabilité du flux lumineux

Même si les nouveaux fluorescents ne durent pas aussi longtemps que le modèle courant F40 qui a une **durée nominale******** de 20 000 heures, certains d'entre eux produisent un flux lumineux, ou une quantité de lumière uniforme pendant un pourcentage plus élevé de leur durée nominale. Dans la conception d'un système d'éclairage, il faut tenir compte de la baisse du flux lumineux en fonction du temps.

---

*L'**efficacité** est une mesure du rendement d'une lampe. C'est la quantité de lumière visible produite par une lampe, divisée par la puissance consommée, et elle s'exprime en lumens par watt (lm/W).

L'indice de rendu des couleurs (IRC)** est une des mesures utilisées pour décrire la qualité d'une source de lumière. Il indique l'effet qu'a une source de lumière sur la couleur apparente des objets. L'IRC varie entre 0 et 100. Un indice de 75 à 100 est jugé excellent, et un indice de 60 à 75 est jugé bon.

***La **température de couleur** est une autre mesure de la qualité d'une source lumineuse. C'est une mesure de la couleur de la source. Les lampes à incandescence ont une faible température de couleur d'environ 2 800 °K correspondant à un rouge qui tire sur le jaune, tandis que la lumière du jour a une température de couleur élevée d'environ 6 000 °K d'apparence bleuâtre. La température de couleur n'est pas directement liée à l'IRC : une lampe fluorescente ayant un IRC de 85 peut avoir une température de couleur de 3 000, 3 500 ou 4 100 °K.

****La **durée nominale** est le temps après lequel 50 p. 100 des lampes sont grillées. À 40 p. 100 environ de la durée nominale, quelques lampes grillent. À environ 70 p. 100 de la durée nominale, les lampes sont habituellement remplacées par groupes, plutôt que remplacées une à une à mesure qu'elles grillent.

Les fabricants cotent habituellement leurs lampes fluorescentes en supposant que chaque utilisation dure 3 heures. Si chaque utilisation dure plus de 3 heures, la durée nominale est allongée. Il faut s'assurer de comparer des durées nominales basées sur des temps égaux pour chaque utilisation.

Facteurs à considérer dans le choix des lampes fluorescentes

Diversité des formes et des dimensions

Dans le choix d'une lampe fluorescente, il faut tenir compte de facteurs autres que le flux lumineux, l'efficacité, l'IRC et la température de couleur. Les lampes fluorescentes sont offertes dans des formes, des dimensions et des puissances diverses.

- Elles peuvent avoir une forme circulaire, en U, tubulaire (droite) ou compacte. (Les lampes compactes font l'objet d'une autre fiche technique.)
- Les puissances varient d'à peine 4 watts (W) à plus de 200 W.
- Les diamètres varient d'à peine $^5/_8$ pouce à plus de 2 pouces.
- La longueur des lampes tubulaires peut varier de 6 à 96 pouces.

Diversité des contacts électriques aux extrémités

En outre, les fluorescents sont munis aux extrémités de culots ou de broches différents selon le type de circuit dans lesquels ils sont utilisés. Les lampes à amorçage à chaud sont terminées par deux contacts électriques à chaque extrémité. Ces lampes s'allument après quelques secondes de réchauffement. Les lampes à amorçage à froid sont terminées par un seul contact électrique à chaque extrémité et, comme leur nom l'indique, n'ont pas à être réchauffées.

Limites de température

La plupart des lampes fluorescentes doivent fonctionner à la température ambiante.

Code de produit des fabricants

Le code de produit des fabricants renseigne sur la puissance, les dimensions et la forme de la lampe, et parfois sur la couleur de la source, quoique les fabricants n'utilisent pas tous les mêmes conventions. Le tableau 1 indique quelques codes de lampe courants.

Tableau 1 - Quelques codes de lampes fluorescentes courants

Code	Signification
Tn	lampe tubulaire de n huitièmes de pouce de diamètre
Fn	lampe fluorescente (n indique la puissance ou la longueur du tube en pouces)
CW	blanc froid
WW	blanc chaud

Lampe T8-32W

La T8-32W est une lampe très populaire de remplacement de la F40 (T12-40W) de quatre pieds de long, répandue dans les immeubles à bureaux. Pour passer de la T12 à la T8, il faut remplacer les ballasts. Il faudrait consulter le fabricant des lampes pour choisir un ballast compatible. La T8 avec ballast électronique consomme 30 p. 100 moins d'énergie que la T12 avec ballast magnétique ordinaire.

Question : *Faut-il éteindre un fluorescent pendant de courts intervalles ?*

Il y a longtemps, lorsque l'électricité coûtait moins du sixième qu'elle n'en coûte maintenant, il était jugé plus rentable de ne pas éteindre les fluorescents. Comme chaque allumage réduit la durée d'un fluorescent, on estimait que la durée accrue d'une lampe compensait largement le coût énergétique additionnel de son fonctionnement quand aucun éclairage n'était requis. Aujourd'hui, comme l'électricité coûte plus cher et que les lampes durent plus longtemps, il est préférable d'éteindre un fluorescent lorsque aucun éclairage n'est requis, même pendant de courtes périodes.

Tableau 2 – Comparaison de différents systèmes d'éclairages

	T12-40W (F40)	T12-34W	T8-32W
Ballast	magnétique	magnétique	électronique
Puissance (W)	96	79	65
Flux lumineux (lm)	6 050	5 060	5 820
Efficacité (lm/W)	63	64	90
Coût énergétique par luminaire* ($/luminaire/an)	17,30 $	14,20 $	11,70 $
Coût énergétique ** selon la superficie ($/m²/an)	4,65 $	3,85 $	3,15 $

* Dans le coût énergétique, il est présumé que l'électricité coûte 0,06 $/kWh et que les lampes fonctionnent 3 000 heures par année.

** Dans ce coût, il est présumé que chaque luminaire éclaire 40 pieds carrés ou 27 luminaires/100 m²).

Dans le tableau 2, trois systèmes d'éclairage sont comparés. Les trois types de lampes ont des durées d'environ 20 000 heures. À noter que, même si la T12-34W consomme moins que la F40, l'efficacité est à peu près la même car elle produit moins de lumière. La T12-34W, comme les autres lampes de «puissance réduite», a été conçue pour réduire la consommation d'énergie dans les endroits trop éclairés. L'on n'a pas à remplacer les ballasts lorsqu'on passe de la F40 à la 34W.

Conclusions

Adopter de nouveaux fluorescents ne consiste pas simplement à remplacer les lampes existantes par de nouvelles lampes. Divers facteurs comme le nombre de lumens requis, l'efficacité, l'effet sur la charge de climatisation et la température de couleur et l'IRC de la lumière doivent être pris en compte. Les modifications doivent être planifiées pour s'assurer que l'éclairage est adéquat sans être trop éblouissant et que tous les composants du système sont compatibles. La comparaison des divers systèmes devrait être basée sur le coût du cycle de vie, qui comprend les coûts d'immobilisation et d'installation ainsi que les coûts d'exploitation et d'entretien.

Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Applied Illumination Engineering, Jack Lindsey, Fairmont Press Inc., 1991.

Handbook of Energy Engineering, Albert Thumann et D. Paul Mehta, Fairmont Press Inc., 1991.

Lamp Efficiency Standards for Massachusetts, Analysis and Recommendations, Steven Nadel, Howard Geller, Fred Davis et David Goldstein, préparé pour le Massachusetts Executive Office of Energy Resources, juin 1989.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LAMPES FLUORESCENTES COMPACTES

Les lampes fluorescentes compactes constituent un substitut durable et économique aux lampes à incandescence courantes. L'excellente qualité de lumière qu'elles produisent et la grande diversité de formes, de dimensions et de puissances permettent par ailleurs leur installation dans les appareils existants.

Bien que les fluorescents aient jusqu'à présent dominé dans le secteur des bâtiments commerciaux, leurs dimensions (de longs tubes avec des ballasts) rendent leur emploi peu pratique aux endroits où les lampes à incandescence sont utilisées. Au début des années 80, le progrès technique a permis de rapetisser la lampe fluorescente, lui ouvrant ainsi un immense nouveau marché.

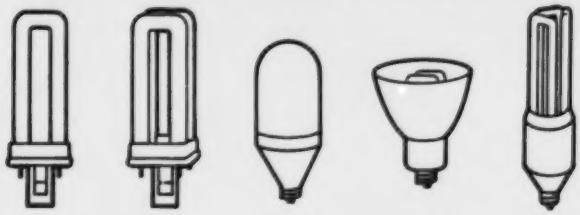
LA TECHNOLOGIE DES LAMPES FLUORESCENTES — LE PRINCIPE

Comme dans le cas de la lampe fluorescente standard, la lampe fluorescente compacte se compose d'un tube de verre scellé, dont la paroi intérieure est enduite d'une poudre phosphorescente ou fluorescente, dont chaque extrémité est munie d'une électrode et qui contient un mélange de gaz (comme l'argon ou le néon) à faible pression et de vapeur de mercure. (Voir la fiche technique sur les «Lampes fluorescentes» pour plus d'informations sur le fonctionnement des lampes fluorescentes en général.) Toutefois, à l'opposé de la lampe fluorescente standard, le tube de verre de la lampe fluorescente compacte est recourbé de façon à ce que les électrodes se trouvent toutes du même côté de la lampe.

Les lampes fluorescentes compactes fonctionnent de la même manière que les lampes fluorescentes de dimensions standard. Quand une tension normale est appliquée à la lampe, des électrons circulent de l'électrode à l'une des extrémités du tube jusqu'à l'électrode à l'autre extrémité du tube. Quand les électrons entrent en collision avec les atomes de mercure, ces derniers absorbent de l'énergie qu'ils réémettent ensuite. L'énergie libérée excite le revêtement de phosphore et est convertie en chaleur et en lumière visible.

Les lampes fluorescentes compactes comportent des tubes de faible diamètre : les T4 ont des tubes de $^1/_2$ po de diamètre et les T5 ont des tubes de $^5/_8$ po. (Le chiffre après la lettre T représente le diamètre du tube en huitièmes de pouce.) La diminution du diamètre des tubes des lampes compactes rend plus abordable l'utilisation de couches de phosphore plus épaisses, ce qui augmente leur rendement lumineux.

Figure 1 - Certains des fluorescents compacts les plus courants



Les fluorescents compacts les plus courants comportent des tubes en U à un seul repli ou à deux replis, ce qui en fait respectivement des tubes doubles ou quadruples. Certaines des lampes les plus récentes comportent même trois replis. Les lampes fluorescentes peuvent aussi prendre la forme d'un globe ou comprendre un réflecteur.

L'allumage de toute lampe fluorescente et la stabilisation de sa tension d'alimentation exigent un ballast. (Voir la fiche technique intitulée «Ballasts de lampes fluorescentes».) Le ballast fait parfois partie de la lampe fluorescente elle-même.

- Les *lampes fluorescentes compactes intégrées* contiennent un ballast intégré et se posent directement dans toute douille standard d'ampoule à incandescence. Lorsqu'on remplace ces lampes, il faut remplacer l'ensemble.
- Les *lampes fluorescentes compactes modulaires* ne comprennent pas de ballast intégré et on doit les poser dans une douille et un ballast conçus à cette fin. Des adaptateurs contenant une douille et un ballast et que l'on visse dans une douille standard d'ampoule à incandescence sont prévus pour ces lampes.

*L'**efficacité** est une mesure du rendement d'une lampe. C'est la quantité de lumière visible produite par une lampe, divisée par la puissance consommée, et elle s'exprime en lumens par watt (lm/W).

AVANTAGES

Réduction des coûts énergétiques

Les lampes fluorescentes compactes réduisent les coûts énergétiques de deux manières.

1. Économies directes en frais d'électricité. Les lampes fluorescentes compactes permettent de réduire la demande de pointe et les frais d'électricité. Elles ont une **efficacité*** supérieure, c'est-à-dire qu'elles peuvent émettre de trois à quatre fois plus de lumière que les lampes à incandescence, soit une efficacité de 25 à 85 lm/W, comparativement à 8 à 20 lm/W pour les lampes à incandescence.
2. Économies indirectes en réduisant la charge de climatisation des bâtiments par réduction de leur gain thermique. En effet, les lampes fluorescentes compactes convertissent environ 70 p. 100 ou plus de l'énergie en lumière et le reste en chaleur. Les lampes à incandescence convertissent seulement 10 p. 100 de l'énergie en lumière, le reste de l'énergie étant converti en chaleur. (D'autre part, les charges de chauffage peuvent augmenter, mais cela ne constitue habituellement pas une préoccupation dans les bâtiments commerciaux, où les gains thermiques sont importants et où la charge de refroidissement constitue plus souvent un problème.)

Réduction des coûts d'entretien

La durée de vie des lampes fluorescentes compactes est près de dix fois plus longue que celle d'une lampe à incandescence standard. La vie utile nominale d'une lampe fluorescente compacte est normalement de 10 000 à 20 000 heures, alors que la vie utile d'une lampe à incandescence est normalement de 750 à 2 000 heures. Cette très longue vie utile réduit le nombre de remplacements de lampes et abaisse les coûts d'entretien.

Des couleurs vraies

L'**indice de rendu des couleurs*** **(IRC)** des lampes fluorescentes compactes est élevé, de l'ordre de 80 à 89.

Applications

On peut se procurer des fluorescents compacts de 5 à 30 W pouvant remplacer les ampoules à incandescence de 25 à 150 W pour toutes sortes d'usages dans les immeubles commerciaux. Ils peuvent servir dans les appareils muraux et aux plafonds, dans les lampes de sortie et de signalisation, et même comme projecteurs. Ils peuvent servir à l'éclairage des étalages, des aires de travail et de tout endroit où l'on n'exige pas de contrôle précis du faisceau, bien que certaines des lampes fluorescentes compactes les plus récentes permettent un meilleur contrôle du faisceau. Plusieurs facteurs doivent être pris en compte lorsqu'on décide si les lampes fluorescentes compactes conviendront à une application particulière.

Appareils d'éclairage

Les lampes fluorescentes compactes conviennent bien aux appareils d'éclairage ouverts. Certains appareils, conçus pour de plus petites lampes à incandescence, seront trop petits pour la lampe fluorescente et son ballast.

Températures de fonctionnement

D'autre part, il ne faut pas utiliser des lampes fluorescentes dans des appareils d'éclairage qui retiennent la chaleur. Ces lampes sont très sensibles à la température ambiante. Les températures élevées réduisent leur intensité lumineuse et il faut aussi éviter de faire fonctionner ces lampes à des températures de beaucoup inférieures aux températures des locaux habités. De manière générale, les lampes fluorescentes ne se prêtent pas aux utilisations à l'extérieur.

Ballast connecté par fils

Dans certains cas, les utilisateurs préféreront connecter le ballast à l'appareil d'éclairage au moyen de fils pour éviter que l'on puisse remplacer les lampes fluorescentes compactes par des lampes à incandescence.

Exemple d'économies

Supposons que l'on remplace 100 lampes à incandescence de 40 W (0,04 kW) qui sont allumées 4 000 heures par année par des lampes fluorescentes compactes qui consomment chacune 10 W (0,01 kW) avec leur ballast.

L'équation suivante est employée pour déterminer les économies d'énergie annuelles pour le nouveau système d'éclairage. À noter que l'unité employée pour désigner les économies d'énergie par appareil d'éclairage est le kilowatt (kW) pour correspondre au tarif d'électricité qui est habituellement donné en dollars par kilowattheure (kWh).

*L'**indice de rendu des couleurs (IRC)** est une des mesures utilisées pour décrire la qualité d'une source de lumière. Il indique l'effet qu'a une source de lumière sur la couleur apparente des objets. L'IRC varie de 0 à 100. Un indice de 75 à 100 est jugé excellent, et un indice de 60 à 75 est jugé bon.

Économies d'énergie annuelles ($/année)	=	Nombre d'appareils d'éclairage	x	Économies d'énergie par appareil (kW)	x	Temps de fonctionnement (heures)	x	Coût de l'électricité ($/kWh)

La figure 2 montre l'étendue des économies d'énergie qui peuvent être obtenues si l'on remplace les lampes à incandescence par des lampes fluorescentes compactes dans l'exemple précédent. Les économies réalisées sont proportionnelles au coût de l'électricité : l'économie est d'autant plus importante que le coût de l'électricité est élevé. Au Canada en 1993, les clients commerciaux payaient entre 0,045 $ et 0,11 $ par kilowattheure (kWh) d'électricité, taxes et frais relatifs à la consommation maximale compris. En d'autres mots, selon le tarif de l'électricité, l'installation de lampes fluorescentes compactes pour cet exemple particulier entrainerait des économies de 550 $ à 1 300 $ par année.

Le tableau 1 compare les coûts en capital, y compris les coûts d'installation, pour les systèmes utilisant des fluorescents compacts et pour les lampes à incandescence. Comme les lampes fluorescentes compactes durent 10 fois plus longtemps que les lampes à incandescence, il faudrait utiliser 10 ampoules à incandescence pour chaque ampoule fluorescente - soit un total de 1 000 pour les 100 appareils d'éclairages convertis.

Dans cet exemple, les lampes fluorescentes compactes coûtent 600 $ de plus que les ampoules à incandescence, coûts d'installation compris. La période de récupération de l'investissement serait calculée comme suit :

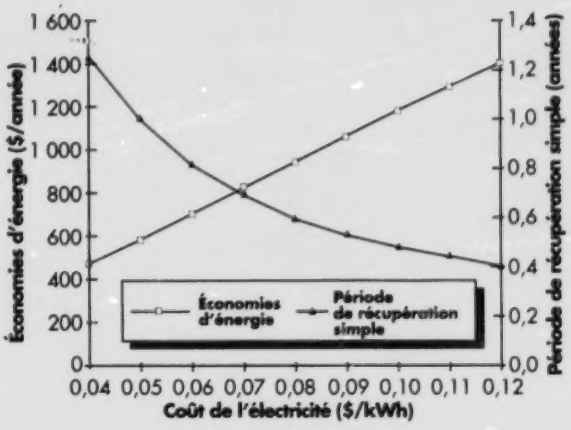
Période de récupération simple (années)	=	Coût en capital supplémentaire ($)	÷	Économies d'énergie annuelles ($/an)

Tableau 1 - Coût en capital pour les fluorescents compacts et les lampes à incandescence

	Puissance (W)	Coût des ampoules ($/lampe)	Coût d'installation ($/lampe)	Coût total par lampe ($/lampe)	Coût total ($/n lampes)
Fluorescents compacts	10 W	20 $ (ballast compris)	1 $	21 $	2 100 $/100 lampes
Lampes à incandescence	40 W	0,50 $	1 $	1,50 $	1 500 $/1 000 lampes

Comme le montre la figure 2, la période de récupération durera de 6 mois à 1 an, selon le coût de l'électricité (en 1993). On remarquera que les calculs de la période de récupération simple ne doivent servir qu'à une approximation des économies réalisables. Une analyse complète tiendrait aussi compte des taux d'intérêt, des économies réalisées par réduction de la charge de climatisation du bâtiment ainsi que de toute mesure incitative du service public d'électricité local.

Figure 2 - Économies annuelles d'énergie d'éclairage et période de récupération simple pour remplacer 100 ampoules fluorescentes de 40 W par des lampes fluorescentes compactes de 10 W



Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Compact Fluorescent Lamps - Energy-Efficient Alternatives to Incandescent Lighting, Electric Power Research Institute, High-Efficiency Electric Technology Fact Sheet, 1991.

Energy Efficient Lighting in Commercial Buildings, Stefan Arousson et PerErik Nilsson, série d'analyses n° 6 de CADDET, 1991.

Energy Efficient Lighting for Retail Stores, Ontario Hydro, EnerMark.

Fluorescent Lamps and Ballasts, Washington State Energy Office, Washington Energy Extension Service, 1989.

Lighting Reference Guide, Ontario Hydro Product Knowledge, 4e édition, octobre 1990.

Retrofit Lighting Technologies - Cost-Effective Lighting for Commercial Applications, Electric Power Research Institute, 1991.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LES DÉTECTEURS DE PRÉSENCE

Les détecteurs de présence, déjà couramment utilisés comme détecteurs de mouvement dans les systèmes de sécurité, sont actuellement utilisés avec des systèmes de commande d'éclairage pour économiser l'électricité. Comme ils activent les systèmes d'éclairage seulement lorsqu'ils détectent du mouvement, ces dispositifs automatisés abaissent les coûts énergétiques en réduisant le temps de fonctionnement des appareils d'éclairage. Ils présentent de plus l'avantage d'allumer les systèmes d'éclairage sans intervention humaine.

LA TECHNOLOGIE DES DÉTECTEURS DE PRÉSENCE - LE PRINCIPE

Les détecteurs de présence détectent le mouvement et y réagissent au moyen d'un détecteur de mouvement et d'un dispositif de commutation automatique. Ils utilisent pour la plupart des détecteurs à infrarouge ou à ultrasons qui peuvent être combinés à un **interrupteur prioritaire***, à un **réglage de la sensibilité**** et à une **minuterie*****.

- Les *détecteurs de mouvement à infrarouge* sont sensibles à la chaleur. Ils détectent les changements de chaleur rayonnée par les objets plus chauds que leur environnement, comme une personne qui se déplace dans une pièce. Ce sont des dispositifs passifs qui se contentent de recevoir des signaux dans un champ de vision donné.
- Les *détecteurs de mouvement à ultrasons* détectent les mouvements au moyen des ultrasons. Ce sont des dispositifs actifs car ils émettent un son inaudible qui peut rebondir sur les murs et autour des angles. La tonalité réfléchie est comparée à la tonalité émise et tout changement de fréquence de cette tonalité indique qu'il y a du mouvement dans l'espace contrôlé.
- Certains détecteurs de présence utilisent les signaux infrarouges et ultrasoniques pour allumer l'éclairage. Dans ce cas, un seul des deux signaux est habituellement nécessaire pour garder l'éclairage allumé.

*L'**interrupteur prioritaire** a préséance sur la commutation automatique et permet d'éteindre manuellement le dispositif d'éclairage. Il permet d'éteindre les lumières même lorsque quelqu'un se trouve dans une pièce, ce qui peut être utile pour des activités comme les présentations audiovisuelles.

Le **réglage de la sensibilité permet de déterminer la superficie de la zone couverte par le détecteur de mouvement et la quantité de mouvement requise pour déclencher le détecteur.

***La **minuterie** permet de faire varier le délai avant que le détecteur n'éteigne les lumières. Les réglages habituels varient de 5 à 12 minutes.

Les systèmes de commande d'éclairage à détecteur de présence sont disponibles en deux configurations : le *détecteur-commutateur mural* et le *détecteur monté au mur ou au plafond.*

Les détecteurs-commutateurs muraux

Les détecteurs-commutateurs muraux remplacent les commutateurs muraux existants et ils ne requièrent pas de nouveau câblage. Ils emploient habituellement des détecteurs de mouvement à infrarouge ayant un champ de vision restreint et couvrant habituellement une superficie au sol pouvant atteindre 50 mètres carrés (500 pieds carrés). Par conséquent, ces unités sont particulièrement utiles pour les petits espaces clos, comme les petites salles de classe, les salles de réunion, les pièces d'entreposage, les salles d'essayage, les salles d'ordinateur, les bureaux individuels et les petits halls d'entrée.

Les détecteurs montés au mur ou au plafond

Un système monté au mur ou au plafond comprend un détecteur de mouvement distant relié par des fils basse tension à des dispositifs de commutation automatiques qui commandent l'alimentation électrique des appareils d'éclairage. Ces systèmes peuvent employer des détecteurs de mouvement à infrarouge ou à ultrasons fixés au mur ou au plafond de façon à maximiser le champ de vision et ils couvrent habituellement une superficie au sol pouvant atteindre 225 mètres carrés (2 250 pieds carrés). Par conséquent, ces unités sont particulièrement utiles pour les grands espaces ouverts comme les grandes salles de classe, les espaces de bureau à aire ouverte, les gymnases, les entrepôts, les salles de banquet, les corridors, les cafétérias et les halls.

AVANTAGES

Économies d'énergie électrique

Les systèmes de contrôle d'éclairage à détection de présence permettent des économies remarquables en coûts énergétiques. L'éclairage représente environ 40 p.100 de la consommation électrique des immeubles commerciaux et il arrive souvent que près de la moitié de cette énergie serve à éclairer des espaces inoccupés. En éteignant l'éclairage lorsqu'il est inutile, on peut réaliser des économies de deux manières.

- La réduction de la consommation d'électricité et de la demande maximale par le système d'éclairage représente une première économie directe.
- Une deuxième économie des coûts énergétiques est réalisée grâce à la réduction de la charge de climatisation. Puisque le système d'éclairage fonctionne moins longtemps, le gain thermique interne du bâtiment est réduit et la charge de refroidissement diminue. La charge de chauffage peut aussi augmenter légèrement, mais il est plus avantageux de compter sur un système de chauffage approprié plutôt que sur l'éclairage électrique pour chauffer un immeuble.

FACTEURS À CONSIDÉRER

Afin d'évaluer et d'adapter correctement un système de commande d'éclairage à détecteur de présence à un système d'éclairage existant, il faut tenir compte de plusieurs facteurs. Le type de système de commande d'éclairage à détecteur de présence qui correspond le mieux à une application donnée dépend de facteurs comme les dimensions de l'espace à contrôler, le taux d'occupation de cet espace ainsi que la charge d'éclairage.

1. Réduction possible de la charge d'éclairage

La réduction possible de la charge d'éclairage détermine s'il est rentable d'installer un système de commande d'éclairage à détecteur de présence. Les économies réalisées au moyen d'un tel système de commande sont directement proportionnelles à la charge d'éclairage gérée par ce système.

De la même manière, plus les lumières demeurent allumées pour rien, ce que mesure le **crédit de contrôle***, plus l'installation de détecteurs de présence permettra de réaliser des économies appréciables. Si l'éclairage doit demeurer allumé continuellement ou si l'espace contrôlé n'est jamais inoccupé pendant plus de 15 minutes, les détecteurs de mouvement peuvent s'avérer non justifiés du point de vue des économies d'énergie.

2. Type d'éclairage

Lampes fluorescentes et lampes à incandescence

Les systèmes de commande d'éclairage à détecteur de présence donnent un rendement maximal avec les systèmes d'éclairage fluorescents et à incandescence. Bien qu'on croie parfois que le fait d'allumer et d'éteindre une lampe fluorescente réduise sa vie utile, ce problème est négligeable. Éteindre ces lampes pendant de courtes périodes de temps réduit leur nombre total d'heures d'éclairage, mais le coût de l'électricité consommée pour les maintenir allumées est supérieur à la perte en heures d'éclairage. Cette situation est d'autant plus vraie dans notre contexte où les coûts de l'électricité augmentent et où la durée de vie des lampes s'allonge. Dans certains cas, le fait de maintenir ces lampes allumées pendant de courtes périodes peut même prolonger leur vie utile.

Exemple

Une lampe fluorescente standard (F40) allumée 3 heures à la fois et 3 500 heures par année aura une vie utile de 5,7 années. Si la même lampe était allumée une demi-heure à la fois pour un nombre total annuel deux fois moins élevé (1 750 heures), elle aurait une vie de 8 ans. Dans ce cas, le fait de garder la lampe allumée pendant de courtes périodes réduit son nombre total d'heures d'éclairage, mais prolonge sa vie utile parce qu'elle est allumée moins d'heures par année.

Lampes à décharge à haute intensité

Les détecteurs de présence se prêtent moins bien à un usage avec les appareils d'éclairage à haute intensité, comme les lampes aux halogénures, les lampes à vapeur de mercure et les lampes au sodium à haute pression. Ces lampes ne doivent pas être éteintes pendant des périodes inférieures à 30 minutes. Il existe toutefois des ballasts spéciaux qui, au lieu d'éteindre complètement la lampe, la font fonctionner à un éclairage réduit (environ 35 p. 100 de la puissance normale) lorsque le local contrôlé est inoccupé et l'allument instantanément lorsque le détecteur sent une présence.

3. Sélection et emplacement des détecteurs

Lorsqu'on choisit le type et le nombre de détecteurs de présence, on doit considérer non seulement la superficie de la zone sous contrôle, mais aussi la forme de la zone : circulaire, elliptique, en éventail ou rectangulaire. Dans le cas des détecteurs montés au plafond, la hauteur des plafonds a aussi un effet sur le nombre de détecteurs requis. En effet, le nombre de détecteurs requis diminue si le plafond est plus élevé.

Le déclenchement erroné constitue un autre facteur à considérer lors du choix d'un détecteur et de son emplacement. Les détecteurs à infrarouge peuvent être déclenchés par des images réfléchies, par la chaleur de conduits de chauffage ou de

*__Crédit de contrôle__ : pourcentage du temps pendant lequel l'éclairage serait éteint par le système de commande sur le temps total pendant lequel le système d'éclairage fonctionnerait normalement (sans système de commande). On peut obtenir d'autres informations sur cette notion auprès des entrepreneurs expérimentés, des fabricants et des conseillers en éclairage.

plinthes chauffantes ou par la lumière du jour. Les détecteurs à ultrasons peuvent être déclenchés accidentellement par les vibrations des bâtiments ou par des mouvements d'origine non humaine. On peut habituellement régler la sensibilité des détecteurs pour réduire ou éliminer le déclenchement erroné. Une autre solution consiste à utiliser des détecteurs qui regroupent des dispositifs à infrarouge et à ultrasons pour détecter le mouvement. Les directives d'installation des fabricants indiquent habituellement comment éviter le déclenchement erroné.

Exemple d'économies

Un immeuble contient 30 petits bureaux comportant chacun trois lampes fluorescentes et des espaces de bureau à aire ouverte pourvus de 910 lampes fluorescentes. Les systèmes d'éclairage fonctionnent habituellement 4 000 heures par année. On a établi que 30 interrupteurs muraux sont nécessaires et que 100 détecteurs montés au plafond sont requis pour l'espace de bureau à aire ouverte. Chaque lampe fluorescente comporte deux tubes standard T12-40 W (F40) et un ballast standard et a une consommation de 96 watts (ou 0,096 kW). On suppose un crédit de contrôle de 35 p . 100 pour les interrupteurs muraux et de 30 p. 100 pour les systèmes montés au plafond.

La figure 1 montre les économies qui peuvent être réalisées grâce à l'installation d'un système d'éclairage à détection de présence dans cet immeuble. L'économie annuelle d'énergie pour un tel système est calculée au moyen de l'équation suivante :

Économies d'énergie annuelles ($/année)	=	Crédit de contrôle (%)	x	Nombre d'appareils	x	Kilowatts par appareil (kW)	x	Temps de fonctionnement (heures)	x	Coût de l'électricité ($/kWh)

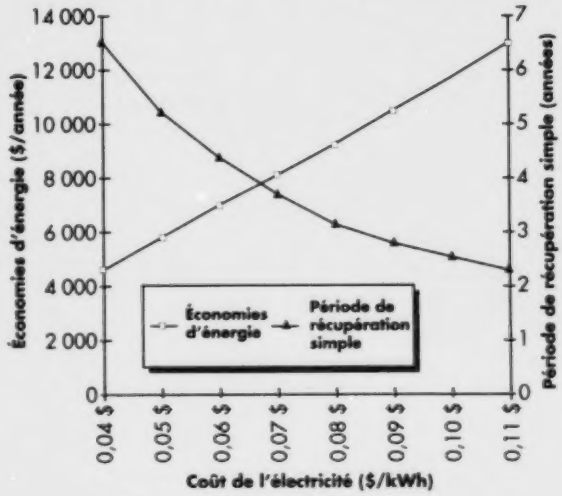
L'économie est d'autant plus importante que le coût de l'électricité est élevé. Au Canada, en 1993, les clients commerciaux payaient entre 0,045 $ et 0,11 $ par kilowattheure (kWh) d'électricité, taxes et frais relatifs à la consommation maximale compris. En d'autres mots, selon le tarif de l'électricité, des détecteurs de présence dans cet immeuble particulier au Canada entraîneraient une économie de 5 000 $ à 12 000 $ par année.

Si les interrupteurs muraux coûtent 110 $ chacun et les détecteurs montés au plafond, 270 $ chacun, le coût en capital serait de 30 300 $, et la période de récupération simple de l'investissement serait calculée comme suit :

Période de récupération simple (années)	=	Coût en capital	÷	Économies d'énergie annuelles ($/an)

Comme le montre la figure 1, la période de récupération simple durera de 2 à 6 ans, selon les coûts de l'électricité. On remarquera que les calculs de la période de récupération simple ne doivent servir qu'à une approximation des économies réalisables. Pour évaluer des systèmes de façon appropriée, il faut faire une analyse complète du cycle de vie en tenant compte des coûts en capitaux et des frais d'exploitation et d'entretien, (y compris les économies réalisées par réduction de la charge de climatisation de l'immeuble) ainsi que des taux d'intérêt et de toute mesure incitative du service public d'électricité local.

Figure 1 - Économies annuelles d'énergie d'éclairage et période de récupération simple des coûts d'installation d'un système à détecteurs de présence pour cet exemple



Pour plus d'information, s' adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Electric Facts: Occupancy Sensors, TransAlta Utilities, 1992.

Handbook of Energy Engineering, Albert Thumann et D. Paul Mehta, The Fairmont Press Inc., 1991.

Occupancy Sensor Lighting Controls, Be a Power Saver, Ontario Hydro, 1991.

The State of the Art: Lighting, Rocky Mountain Institute, mars 1988.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LES FENÊTRES PERFECTIONNÉES

Les fenêtres contribuent grandement au confort de tout intérieur. Comme tout autre élément de l'enveloppe d'un bâtiment, une fenêtre agit comme filtre entre le milieu extérieur et le milieu intérieur. Pendant longtemps, les fenêtres ont été un point faible de l'enveloppe du bâtiment, et ce n'est que depuis peu qu'on assiste à d'importantes améliorations sur le plan du rendement énergétique, du confort et de la durabilité.

Les fenêtres sont à l'origine de pertes thermiques qui ajoutent beaucoup à la charge de chauffage et de climatisation. Les fabricants de fenêtres étudient et appliquent les moyens d'améliorer considérablement le rendement de leurs produits sans diminuer les avantages qu'ils procurent sur le plan de l'éclairage naturel.

Les principales améliorations réalisées dans le cas des fenêtres à haut rendement, ou fenêtres perfectionnées, sont une plus grande résistance au flux thermique et, par conséquent, une température plus élevée à la surface interne du vitrage et du châssis. La première amélioration permet de réduire les frais de chauffage et de climatisation, tandis que la deuxième augmente le confort thermique et permet d'avoir une plus forte humidité intérieure sans condensation.

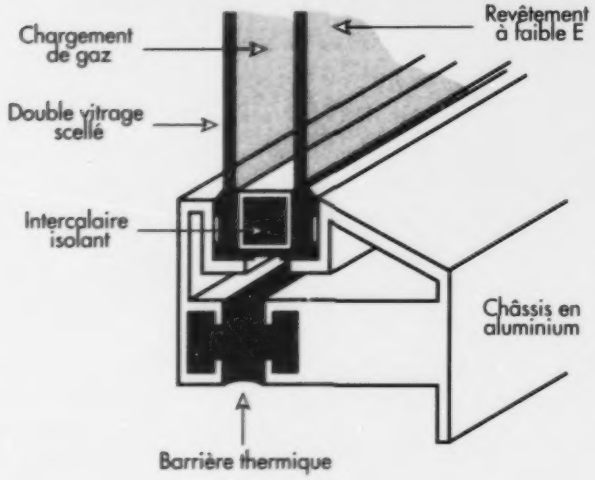
Les fenêtres perfectionnées offrent des avantages manifestes : réduction de la capacité de l'équipement de chauffage nécessaire; baisse de la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation; possibilité d'avoir de plus grandes surfaces vitrées dans n'importe quelle direction; plus grand confort thermique intérieur et conservation des ressources.

LA TECHNOLOGIE DES FENÊTRES PERFECTIONNÉES – LE PRINCIPE

Les progrès de la physique et des sciences du génie ont contribué à améliorer sensiblement la conception, le rendement et la construction des fenêtres. L'emploi d'un revêtement à faible émissivité ou d'une mince pellicule de plastique, le remplacement de l'air par d'autres gaz dans l'espace entre les vitres, et l'utilisation de vitrages scellés ont permis de produire des fenêtres à haut rendement. On ne se limite plus aux matériaux courants pour les châssis et les intercalaires. On se sert maintenant de vinyle, de polyuréthanne, de fibre de verre et de silicone pour avoir des fenêtres plus durables, plus solides et plus performantes.

ÉLÉMENTS DE LA FENÊTRE PERFECTIONNÉE

Les trois principaux éléments d'une fenêtre sont le vitrage, le châssis, et les intercalaires.



Vitrage

Le vitrage est la partie transparente d'une fenêtre. Toute fenêtre à simple vitrage devrait être remplacée immédiatement par une fenêtre à meilleur rendement énergétique. Le verre lui-même ne contribue pratiquement rien à la résistance thermique de l'ensemble de la fenêtre. Un moyen simple d'améliorer le rendement du vitrage est d'ajouter des vitres pour créer des espaces d'air. L'ajout d'une deuxième vitre crée entre les vitres un espace d'air qui réduit la conduction et la convection de la chaleur. Le vitrage supplémentaire augmente la résistance thermique de la fenêtre, mais, plus on ajoute de vitres, plus la réduction des pertes d'énergie diminue, parce que, si on utilise plus de deux feuilles de verre, ce sont les pertes d'énergie par rayonnement qui prédominent. On utilise les fenêtres à vitrage multiple quand il existe un problème de condensation dans les zones à forte humidité.

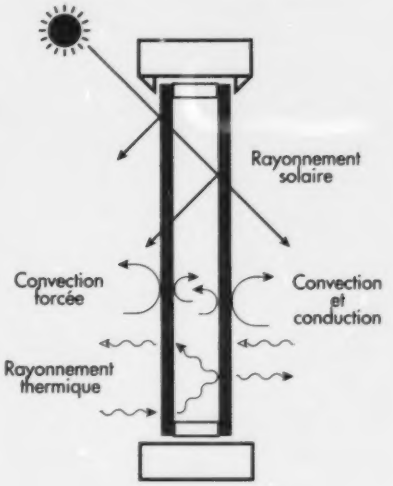
- ***Revêtements à faible émissivité*** – L'émissivité d'une surface est son pouvoir de rayonnement thermique. Un revêtement à faible émissivité réduit le rayonnement à la surface du vitrage, ce qui permet de conserver la chaleur en hiver et l'air frais en été. Il réduit également l'éblouissement en bloquant la majeure partie de l'énergie solaire et 99 p. 100 des rayons ultraviolets nocifs du soleil. La réduction des pertes de chaleur par rayonnement peut atteindre 65 p. 100, et entre 60 p. 100 et 80 p. 100 de l'énergie solaire est réfléchie.

- ***Film fenêtre*** – Film fenêtre est le terme générique utilisé pour décrire toute une gamme de pellicules d'avant-garde qu'on applique à la surface intérieure d'une fenêtre pour réduire l'apport par rayonnement solaire et les pertes de chaleur attribuables au vitrage. Le pouvoir réfléchissant du film fenêtre est dû à une mince couche de particules métalliques mise en sandwich entre des couches de plastique. Il réduit les gains thermiques et contribue à l'esthétique extérieure d'un bâtiment. Un film fenêtre peut éliminer jusqu'à 79 p. 100 de l'apport par rayonnement solaire et des pertes d'énergie de refroidissement qui se produisent normalement quand on utilise un vitrage transparent. Le film fenêtre peut également réduire l'éblouissement causé par le soleil et filtrer les rayons ultraviolets.

MÉCANISMES DE TRANSFERT DE LA CHALEUR

Convection : le transfert de chaleur qui se produit lorsqu'un gaz (p. ex. l'air) ou un liquide (p. ex. l'eau) en mouvement entre en contact avec une surface de température différente. Par exemple, de l'air chaud et de l'air froid sont en contact constant avec les deux faces du vitrage, donnant lieu à un transfert convectif de chaleur.

Conduction : le transfert de chaleur qui se produit par contact direct entre des matériaux de températures différentes. Le châssis métallique d'une fenêtre conduit la chaleur car les extrémités sont soumises à des températures différentes. C'est pourquoi les surfaces intérieures des châssis de fenêtre en métal sont très froides l'hiver. Les châssis des fenêtres éconergiques ne posent pas ce problème parce que leur châssis métallique comporte une barrière, ou discontinuité thermique. Cet espace est occupé par un meilleur isolant, comme le plastique, qui diminue les pertes de chaleur par conduction.



Rayonnement : la transmission de chaleur par la voie d'ondes électromagnétiques. Le rayonnement est un phénomène unique parce qu'il est la seule forme de transfert de chaleur qui ne nécessite pas la présence d'un matériau intermédiaire. Il peut y avoir rayonnement aussi bien dans l'air que dans le vide. Il existe pour les fenêtres de nouveaux revêtements qui aident à maximiser l'énergie de rayonnement de la lumière du soleil l'hiver et à la bloquer l'été.

- ***Vitrage à chargement de gaz*** – La réduction du rayonnement thermique que permettent les fenêtres à faible émissivité a incité à examiner d'autres moyens de réduire encore plus les pertes de chaleur par convection et conduction. Par rapport à d'autres gaz, l'air est un bon conducteur de chaleur. On peut réduire les pertes de chaleur par conduction en substituant à l'air qui se trouve entre les vitres un gaz plus lourd, qui a une moins grande conductivité thermique.

Châssis

Le deuxième élément important d'une fenêtre est le châssis, qui remplit les fonctions suivantes.

- Il maintient la fenêtre en place.
- Il permet d'ouvrir et de fermer les vitres.
- Il fait la jonction entre le vitrage et le mur.

Les critères qui comptent le plus dans le choix des châssis de fenêtres sont les suivants :

- l'intégrité thermique
- le taux d'infiltration
- l'esthétique
- le coût.

Intercalaires

Toutes les fenêtres perfectionnées ont un type quelconque d'intercalaire qui maintient la séparation entre deux vitres (ou plus). L'intercalaire doit être assez solide pour garder les vitres séparées et offrir une forte résistance thermique.

Fenêtres ouvrantes

Les fenêtres ouvrantes à la fine pointe de la technologie peuvent jouer un rôle d'appoint ou autre par rapport au chauffage, à la climatisation et à la ventilation assurés par les systèmes mécaniques ordinaires. Les frais moins élevés d'entretien et d'exploitation de ces fenêtres ouvrantes perfectionnées sont plus que compensés par le fait qu'elles coûtent 15 p. 100 de plus. En ouvrant les fenêtres au printemps et en automne, on peut augmenter le niveau de confort des occupants sans avoir à utiliser de climatiseur. Il ne faut pas utiliser de fenêtre ouvrante à une hauteur supérieure à huit étages. L'amélioration des matériaux et de l'étanchéité devrait permettre d'augmenter le rendement énergétique des fenêtres ouvrantes, qui se rapprochera de celui des fenêtres fixes.

AVANTAGES

- Réduction des coûts annuels de chauffage et de climatisation des locaux. Les économies varient entre 14 p. 100 et 24 p. 100 selon l'emplacement du bâtiment et le type des fenêtres.
- Élimination des points froids. La condensation diminue et il n'est pas nécessaire de distribuer de l'air chaud au moyen de systèmes de chauffage des zones périphériques. Les systèmes de distribution centraux sont plus efficaces et plus économiques.
- Réduction des coûts d'entretien parce que les fabricants mettent l'accent sur l'assurance-qualité.

Analyse des coûts

Comme pour un grand nombre d'autres mesures d'amélioration du rendement énergétique, la période de rentabilisation diminue en proportion du degré de perfectionnement des fenêtres. La sélection des fenêtres pour un bâtiment de taille moyenne ou grande doit reposer sur le calcul des coûts du cycle de vie et de la période de récupération simple. Les économies d'énergie éventuelles découlant de l'installation de fenêtres perfectionnées doivent être comparées aux coûts supplémentaires de ces fenêtres, en tenant compte de toute aide financière offerte à l'appui de l'efficacité énergétique.

Pour plus d'information, s' adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Les fenêtres : performance et technologie de pointe, Conseil national de recherches du Canada, août 1988.
Potential Benefits of Advanced Windows in Public Works Canada Buildings, A&ES, Technology, octobre 1991.
Energy-Efficient Housing Reference Guide, Ontario Hydro Product Knowledge Series, décembre 1988.
Feasibility Study on the Use of Operable Window Units in an Office Building, A&ES, Technology, juillet 1991.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LES LAMPES À DÉCHARGE À HAUTE INTENSITÉ

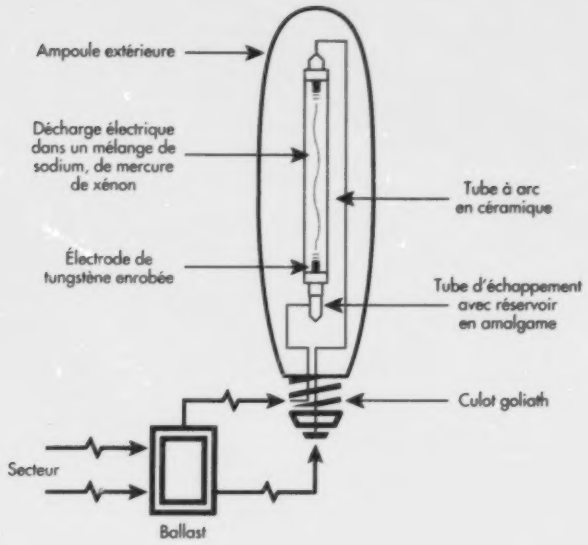
Les lampes à décharge à haute intensité (lampes DHI) comptent parmi les sources de lumière les plus éconergiques actuellement sur le marché. Il existe plusieurs applications où les lampes à incandescence et fluorescentes ne sont pas le type d'éclairage optimal. Les lampes DHI offrent une grande efficacité optique, un puissant éclairage, un haut rendement, une longue durée de vie, un fonctionnement économique et une construction solide. Étant donné leur lumière très vive, elles se prêtent mieux à l'éclairage de zone qu'à celui des postes de travail, et conviennent particulièrement bien à l'éclairage des entrepôts et des aires extérieures, ainsi qu'à l'éclairage de sécurité. Les progrès récents de la technologie rendent ces lampes intéressantes pour des applications commerciales comme les centres commerciaux, les bureaux et les aires de loisir.

Les lampes DHI sont particulièrement économiques là où il faut des lampes qui restent allumées longtemps. Leur longue durée de vie les rend idéales là où il est difficile de remplacer les lampes en raison de l'emplacement des luminaires et les frais d'entretien sont moins élevés parce qu'il faut remplacer les lampes moins souvent. Compactes, elles accumulent moins de saleté et sont plus faciles à nettoyer. Comme elles exigent une période de réchauffement et ne se rallument pas immédiatement après une interruption de courant, les lampes DHI ne doivent pas être utilisées là où l'allumage instantané est essentiel. Comme les lampes fluorescentes, les lampes DHI ont besoin d'un ballast pour s'allumer.

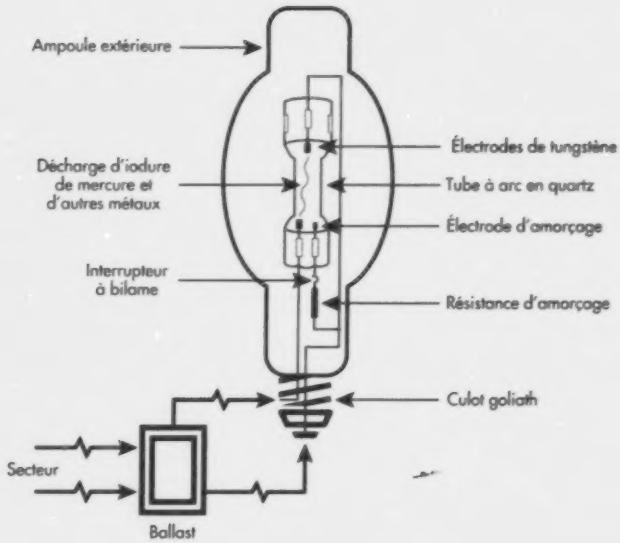
LA TECHNOLOGIE DES LAMPES DHI – LE PRINCIPE

Comme les lampes fluorescentes, les lampes DHI sont considérées des sources de lumière «à décharge», parce qu'elles produisent de la lumière en faisant passer un courant électrique dans une vapeur. Toutefois, dans les lampes fluorescentes, la lumière est produite par le revêtement de phosphore sur la paroi du tube, alors que, dans les lampes DHI, la lumière est produite par l'arc électrique

Lampe SHP



Lampe HM



lui-même. De plus, la décharge en arc se produit à des pressions et à des températures plus élevées que dans les lampes fluorescentes, d'où le nom décharge à haute intensité.

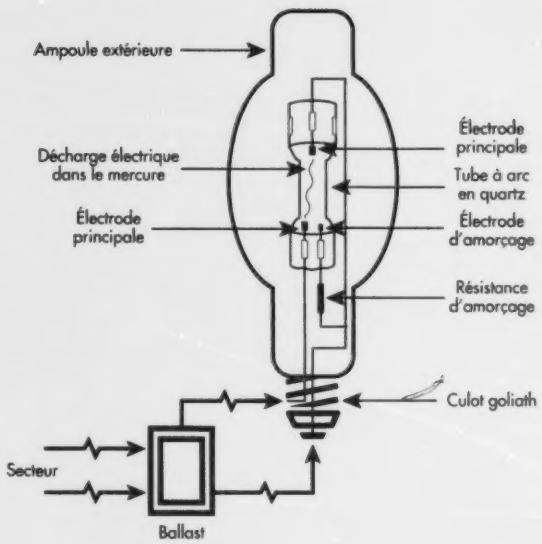
Quand on allume une lampe DHI, un petit arc électrique se forme entre l'électrode d'amorçage et l'électrode principale la plus proche. Cet arc transforme en ions les particules métalliques et le gaz d'amorçage. Quand il y a suffisamment d'ions (c'est-à-dire quand la pression atteint un certain niveau), l'arc principal se forme entre les deux électrodes principales. L'arc principal rayonne l'intense lumière visible. Le délai pendant lequel la pression monte dans le tube à arc représente la période de réchauffement qui caractérise toutes les lampes DHI. De même, il faut attendre qu'une lampe DHI se refroidisse avant de pouvoir la rallumer.

Quelle que soit la technologie d'éclairage utilisée, deux paramètres importants servent à mesurer la qualité et l'efficacité des sources de lumière : l'indice de rendu des couleurs (IRC) et l'efficacité lumineuse. L'IRC indique l'effet d'une source de lumière sur la couleur apparente des objets. L'IRC a une valeur de 0 à 100. On considère qu'un IRC de 75 à 100 est excellent et qu'un IRC de 60 à 75 est bon. L'efficacité lumineuse mesure l'efficacité d'une source de lumière. Il s'agit du quotient du flux lumineux (lumens) par l'énergie consommée (watts). Les lampes DHI ont une meilleure efficacité lumineuse que toutes les autres lampes.

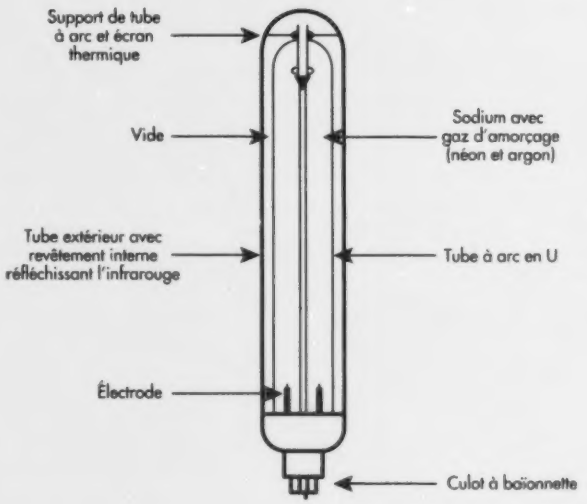
Les divers types de lampes DHI

Les ***lampes à sodium à haute pression*** sont les plus efficaces et les plus économiques des lampes DHI. Elles produisent une lumière d'un blanc doré et peuvent être transparentes, être recouvertes d'un revêtement diffusant ou offrir un rendu des couleurs amélioré. Les lampes transparentes et à revêtement diffusant ont un IRC de 32 environ. Les lampes à rendu amélioré des couleurs ont un IRC de 70, mais durent moins longtemps et sont moins efficaces, parce qu'elles fonctionnent à une pression plus élevée. L'efficacité des lampes à sodium à haute pression se situe entre 50 et 140 lumens/watt et leur durée de vie normale est de 24 000 heures. Les lampes à sodium ont les plus courts temps de réchauffement et délais de réamorçage de toutes les lampes DHI : 3 minutes et une minute respectivement. Les lampes à sodium de 35 à 50 watts représentent une meilleure option que les lampes à incandescence de 150 watts de type réflecteur parabolique, qui jouissent d'une bonne popularité. Elles sont quatre fois plus efficaces et peuvent durer six fois plus longtemps. Comme la source de lumière est ponctuelle, ces lampes offrent une bonne efficacité optique et peuvent être utilisées pour l'éclairage d'accentuation. On tend à les utiliser là où un bon rendu des couleurs n'est pas essentiel. Les lampes transparentes sont utilisées pour l'éclairage des voies publiques, l'éclairage par projection et l'éclairage industriel. Les lampes à revêtement diffusant servent à l'éclairage de zone, à l'éclairage par projection, à l'éclairage de sécurité, à

Lampe VM



Lampe SBP



l'éclairage intérieur industriel et commercial, et à l'éclairage des parcs de stationnement.

Les ***lampes aux halogénures*** sont les plus efficaces des sources de «lumière blanche» : entre 50 et 110 lumens/watt. Elles peuvent être transparentes ou phosphorées. Les lampes transparentes produisent une lumière blanche légèrement bleuâtre et ont un IRC de 65 environ. Les lampes à revêtement de phosphore produisent une lumière plus chaude et ont un IRC de 70 environ. Elles peuvent durer jusqu'à 20 000 heures. Elles sont souvent choisies pour l'éclairage de zone, l'éclairage des parcs de stationnement, l'éclairage de sécurité et l'éclairage des bâtiments par projection. On peut également les utiliser pour l'éclairage paysager, l'éclairage des panneaux et l'éclairage des trottoirs. Comme les lampes à vapeur de mercure et aux halogénures fonctionnent à des pressions élevées et à des températures très élevées, il faut toujours utiliser les luminaires appropriés.

Les ***lampes à vapeur de mercure*** sont le premier type de lampe DHI à avoir été inventé. Elles peuvent être transparentes ou à revêtement de phosphore. Les lampes transparentes produisent une lumière d'un blanc bleuâtre et ont un IRC faible : 22 environ. Les lampes à revêtement de phosphore donnent un meilleur rendu des couleurs et ont un IRC de 50. Avec une efficacité lumineuse qui se situe entre 20 et 85 lumens/watt, les lampes à vapeur de mercure sont les moins efficaces des lampes DHI et se classent entre les lampes à incandescence et les lampes fluorescentes. Leur durée de vie peut aller jusqu'à 24 000 heures. On les utilise surtout dans les magasins de vente au détail, pour l'éclairage intérieur industriel et pour l'éclairage des voies publiques, mais on les remplace de plus en plus par des lampes DHI plus efficaces comme les lampes à sodium à haute pression et les lampes aux halogénures.

Les ***lampes à sodium à basse pression***, qui ne sont pas vraiment des lampes DHI, sont les plus efficaces des sources de lumière actuellement disponibles : leur efficacité lumineuse varie de 100 à plus de 220 lumens/watt. Une autre différence entre ces lampes et les lampes DHI est que la source de lumière est linéaire (tube) plutôt que ponctuelle. Cela veut dire qu'elles conviennent davantage là où la hauteur d'installation est faible et où on a besoin d'un éclairage diffus. Les lampes à sodium à basse pression durent en moyenne 18 000 heures. Elles peuvent se rallumer en moins d'une minute, maintiennent leur flux lumineux durant toute leur durée de vie et peuvent fonctionner à des températures extrêmement basses. Elles produisent une lumière monochromatique jaune qui confère un aspect jaune ou blafard à tout ce qu'elles éclairent. Le rendu des couleurs est si faible qu'on n'a attribué aucun IRC à ces lampes, dont l'emploi se limite à l'éclairage des routes, à l'éclairage de sécurité, à l'éclairage de zone par projection et à l'éclairage des entrepôts, où le rendu des couleurs importe peu.

Comparaison entre les différents types de lampes DHI

	Durée de vie nominale moyenne (heures)	*Puissance (watts)*	*Efficacité lumineuse (lumens/watt)*
Lampes à vapeur de mercure	24 000 ou plus	40-1 250	10-63
Lampes aux halogénures	10 000-20 000	32-1 500	50-110
Lampes à sodium à haute pression	24 000	35-1 000	50-140
Lampes à sodium à basse pression	14 000-18 000	18-180	100-220 ou plus

EXEMPLE

Prenons les exemples de remplacement suivants. On suppose que les lampes sont utilisées 4 000 heures par an et que l'électricité coûte 0,08 $ le kWh.

Remplacement d'une lampe à incandescence de 500 watts par une lampe à sodium à haute pression de 100 watts et un ballast de 35 watts

Puissance économisée = 365 watts
Énergie économisée = 73 %
Économies annuelles par luminaire = 116,80 $

Remplacement de deux lampes à vapeur de mercure de 400 watts et d'un ballast de 80 watts par une lampe à sodium à haute pression de 400 watts et un ballast de 75 watts

Puissance économisée = 405 watts
Énergie économisée = 46 %
Économies annuelles par luminaire = 129,60 $

Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Lighting Reference Guide, 4e édition, Ontario Hydro Product Knowledge, 1990.

La modification des systèmes d'éclairage, série Soyons écoenergiques, Ontario Hydro, rév. 08/91.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

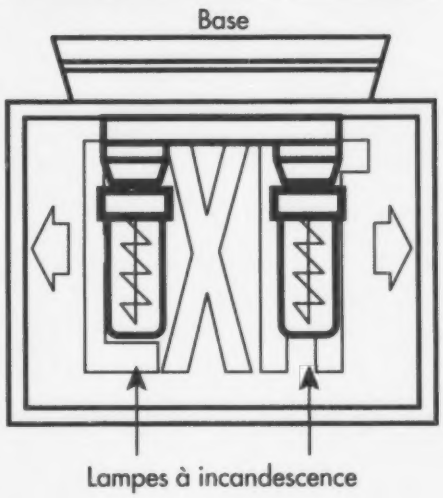
LES ENSEIGNES DE SORTIE

Les lampes à incandescence sont la source de lumière la plus souvent utilisée pour les enseignes de sortie. Pourtant, leur durée de vie courte, conjuguée à un fonctionnement de 8 760 heures par an, font que les coûts engagés pour leur entretien sont très élevés.

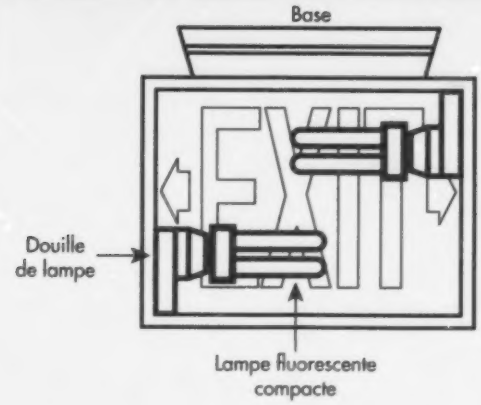
Enseignes munies de lampes à incandescence

Les enseignes munies de lampes à incandescence comprennent normalement deux ampoules de 15 à 25 watts et consomment entre 30 et 50 watts. Elles coûtent entre 30 et 130 $, selon les options comme la protection antivandalisme, une pile interne et l'esthétique. L'éclairage des lettres de l'enseigne tend à ne pas être uniforme, et les ampoules ont une courte durée de vie, généralement entre un et six mois.

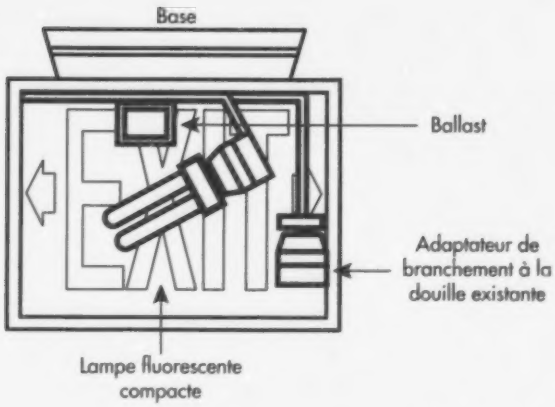
Lampes à incandescence ordinaires



LAMPES FLUORESCENTES COMPACTES



Sur fil



Adaptées

On peut remplacer les lampes à incandescence des enseignes de sortie par des lampes plus éconergétiques, notamment les suivantes.

LAMPES FLUORESCENTES COMPACTES

Les lampes fluorescentes compactes sont actuellement les lampes de remplacement les plus populaires. Il est facile de modifier les enseignes de sortie existantes pour y installer des lampes fluorescentes compactes, s'il y a suffisamment d'espace dans le boîtier pour la lampe et le ballast. Il existe des trousses de rénovation pour la modification des enseignes câblées, ou on peut utiliser un adaptateur vissé pour l'installation des lampes fluorescentes.

Il existe sur le marché de nouvelles enseignes de sortie spécialement conçues pour recevoir des lampes fluorescentes compactes. Les lampes fluorescentes compactes de 5, 7 et 9 watts offrent un niveau d'éclairage équivalent à celui des lampes à incandescence de 25, 40 et 60 watts. Elles coûtent plus cher que les lampes à incandescence (entre 120 et 300 $) et l'éclairage des lettres n'est pas uniforme. Les lampes ont généralement une durée de vie de un à deux ans (selon le type utilisé). Elles consomment environ entre 10 et 18 watts par heure .

Lampes à del et lampes à incandescence miniatures

En règle générale, ces types d'enseignes coûtent relativement cher (de 90 à 150 $). Les enseignes à diodes électroluminescentes (del) comportent des del dans des tubes de plastique qui forment les lettres. Les enseignes à lampes à incandescence miniatures contiennent des ampoules dans du plastique, avec une surface noire et rouge qui forme les lettres.

Les deux types d'enseignes utilisent le plastique comme support pour transmettre la lumière. Elles exigent une moins grande profondeur que les enseignes à lampes à incandescence et à lampes fluorescentes compactes. Elles offrent un éclairage plus uniforme des lettres, sont esthétiques et consomment entre 2 et 10 watts. Les enseignes à del représentent encore une nouvelle technologie et ne sont pas beaucoup utilisées aujourd'hui.

Lampes au tritium

Une enseigne au tritium fonctionne sur le même principe qu'un poste de télévision. Le tritium radioactif subit une désintégration bêta et libère un électron qui va frapper un tube phosphoré ayant la forme du mot sortie. Une enseigne au tritium moderne utilise 25 curies (environ 2,5 milligrammes de tritium sous forme gazeuse) et ne consomme pas d'électricité. Son coût d'achat est élevé, mais elle exige très peu d'entretien. Malgré une durée de vie des lampes de 10 à 20 ans, l'emploi des enseignes au tritium n'est pas répandu en raison du prix d'achat élevé : 325 $ environ par enseigne. Quand on remplace une

	Lampes à incandescence	*Diodes électro-luminescentes*	*Lampes fluorescentes compactes*
Nombre de lampes par enseigne	2	—	1
Consommation totale d'électricité	50 watts	4,5 watts	10 watts
Coûts annuels d'énergie	35,04 $	3,15 $	7 $
Coûts d'énergie (sur 25 ans)	876 $	79 $	175 $
Durée de vie des lampes (heures)	2 000	219 000	10 000
Remplacements d'ampoule (sur 25 ans)	220	0	22
Coût annuel de remplacement des lampes	17,50 $	0	15 $
Coût de remplacement des lampes (sur 25 ans)	436 $	0	374 $
Économies nettes par an		**49 $**	**31 $**
Période de récupération simple		**1,9 an**	**1 an**
Coût de conversion (installation comprise)	—	95 $	31 $

ancienne enseigne au tritium par une nouvelle enseigne, il est recommandé de la retourner au fabricant, qui assumera les frais pour se débarrasser des composants radioactifs.

Comparaison des coûts du cycle de vie

Le tableau qui précède compare les coûts du cycle de vie d'enseignes de sortie éconergiques à ceux d'une enseigne ordinaire à incandescence. On suppose que les enseignes fonctionnent 8 760 heures par an et que l'électricité coûte 0,08 $ le kWh. Précisons que les coûts qui précèdent ne tiennent pas compte des économies de main-d'œuvre ou des remises.

Avantages

Le remplacement des lampes à incandescence des enseignes de sortie par des lampes éconergiques offre les avantages suivants :

- ***Réduction des coûts d'électricité*** – économies immédiates pouvant atteindre 80 p. 100, grâce à une moins grande consommation d'énergie.
- ***Réduction des frais d'entretien*** – les lampes durant plus longtemps, les remplacements sont moins fréquents.
- ***Réduction de la charge de climatisation et des coûts d'exploitation*** – un système d'éclairage produit toujours de la chaleur, mais, dans un système éconergique, davantage d'énergie est convertie en lumière et moins en chaleur.

Pour plus d'information, s' adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Lighting Reference Guide, 4e édition, Ontario Hydro Product Knowledge, 1990.
Les panneaux de sortie éconergétiques, série Soyons éconergiques, Ontario Hydro, 1991.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LES RÉFLECTEURS POUR LUMINAIRES À LAMPES FLUORESCENTES

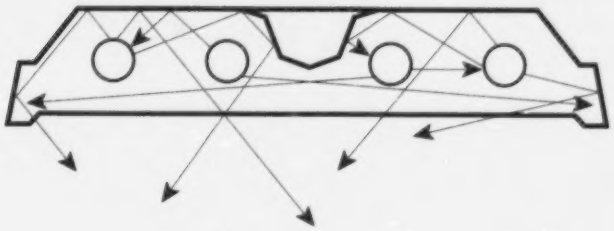
Les réflecteurs sont des dispositifs qui agissent en quelque sorte comme des miroirs et qu'on peut installer à l'intérieur de luminaires à lampes fluorescentes pour diriger davantage de lumière vers l'extérieur du luminaire. Quand on utilise des réflecteurs, on peut enlever jusqu'à concurrence de la moitié des lampes de chaque luminaire pour réaliser des économies d'énergie pouvant atteindre 50 p. 100, en ne réduisant le niveau d'éclairage que de 25 p. 100 à 40 p. 100.

LA TECHNOLOGIE DES RÉFLECTEURS – LE PRINCIPE

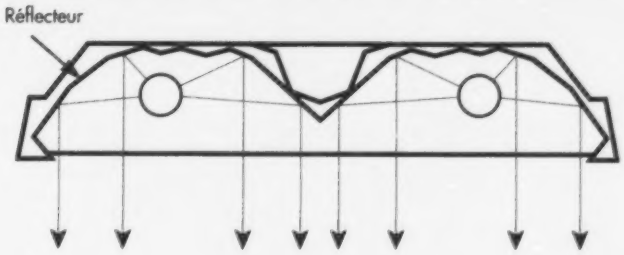
L'intérieur d'un luminaire ordinaire à lampes fluorescentes a une forme simple et une surface revêtue d'une peinture émail blanche. À l'intérieur de ce genre de luminaire, la lumière subit un grand nombre de réflexions diffuses et perd de son intensité avant de sortir du luminaire. Par contre, la forme complexe et le pouvoir réfléchissant élevé d'un réflecteur spécialisé permettent de diriger plus de lumière vers la surface à éclairer, ce qui veut dire qu'on peut utiliser moins de lampes et de ballasts dans un système d'éclairage fluorescent. La quantité de lumière réfléchie et la direction dans laquelle elle se réfléchit dépendent de deux caractéristiques du réflecteur : la réflexion plane et le pouvoir réfléchissant total.

Un matériau à grande réflexion plane a une surface qui ressemble à celle d'un miroir. Un matériau au pouvoir réfléchissant total élevé réduit la quantité de lumière absorbée par la surface sur laquelle elle se réfléchit. Un réflecteur bien conçu dirige plus de lumière vers l'extérieur du luminaire, avec le minimum de réflexion. Les réflecteurs les plus performants ont aussi un grand pouvoir réfléchissant total, ce qui veut dire que le matériau n'absorbe qu'une quantité minimale de lumière aux quelques endroits où elle est réfléchie.

SANS RÉFLECTEUR



AVEC RÉFLECTEUR



Il existe trois types de réflecteurs :

- **Les *réflecteurs en aluminium anodisé poli*** ont un pouvoir réfléchissant de 89 p. 100 à 91 p. 100. Ils ont une durée de vie prévue de 20 ans environ et sont généralement les moins chers.
- **Les *réflecteurs argentés*** comprennent une mince couche d'argent appliquée sur l'aluminium. Leur pouvoir réfléchissant va de 94 p. 100 à 97 p. 100 et leur durée de vie prévue varie entre 10 et 15 ans.
- **Les *réflecteurs à revêtement diélectrique*** (composé de métaux vaporisés et de matériaux diélectriques inorganiques) déposé sous vide sur l'aluminium anodisé ont un pouvoir réfléchissant de 95 p. 100 et une durée de vie prévue de 25 ans environ.

Avantages

- ***Réduction des coûts d'électricité*** – économies immédiates grâce à une diminution du nombre de lampes et de ballasts nécessaires.
- ***Réduction des frais d'entretien*** – puisqu'il faut remplacer les lampes et les ballasts moins souvent.
- ***Réduction de la charge et des coûts de climatisation*** – comme il y a moins de lampes et de ballasts qui dégagent de la chaleur, la réduction des coûts de climatisation peut ajouter jusqu'à 20 p. 100 d'économies en frais d'éclairage.
- ***Plus longue durée de vie des ballasts et des lampes*** – comme on utilise deux fois moins de lampes, les températures de fonctionnement sont moins élevées.
- ***Aspect uniforme et réduction de l'éblouissement*** – les réflecteurs produisent une luminosité uniforme et créent l'impression d'une lampe comme celle qu'on a enlevée. Cela permet d'enlever une partie des lampes sans nuire à l'esthétique du luminaire. Le réflecteur concentre la lumière vers le bas, ce qui a pour effet positif de réduire l'éblouissement à un angle de vue plus élevé. Il y a donc réduction de l'éblouissement et amélioration du confort visuel dans le milieu de travail.

Applications

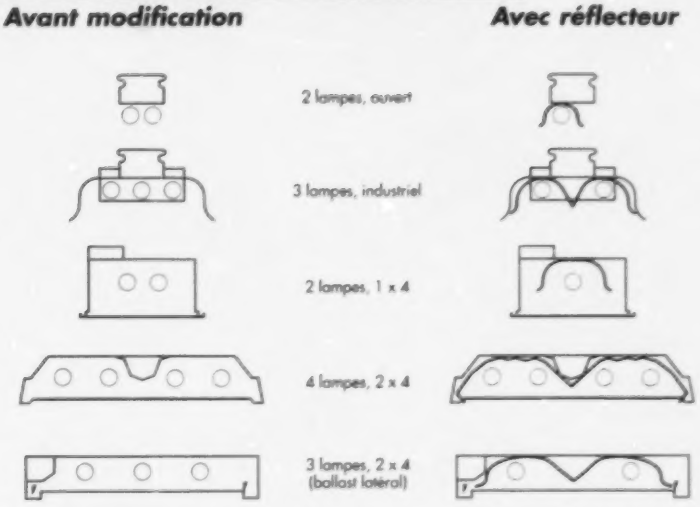
Dans le cadre d'un projet de rénovation, non seulement on remplace les réflecteurs, mais on réduit de manière sélective le nombre de lampes fluorescentes. Quand on enlève deux des quatre lampes d'un luminaire et qu'on installe un réflecteur, on peut réduire de moitié la consommation d'énergie, mais le niveau d'éclairage ne diminue que de 25 p. 100 à 40 p. 100.

La réduction des niveaux d'éclairage peut être conseillée là où ils dépassent les niveaux recommandés par l'Illuminating Engineering Society. Dans d'autres cas, on peut, en plus d'installer un réflecteur, utiliser des lampes plus puissantes (en utilisant une lampe fluorescente T-10, qui donne un plus grand flux lumineux, on peut récupérer un tiers de l'éclairage perdu) et de meilleurs verres diffuseurs pour récupérer une grande partie de l'éclairage perdu.

Selon l'emplacement du luminaire, il peut être nécessaire de déplacer les lampes qu'on garde et leurs douilles à l'intérieur du luminaire pour maximiser l'efficacité et améliorer l'esthétique. De plus, il faut débrancher les ballasts inutilisés, car ils continuent de consommer de l'électricité après l'enlèvement des lampes.

Là où les niveaux d'éclairage sont insuffisants, on peut installer des réflecteurs spéciaux pour augmenter le flux lumineux de 15 p. 100 ou plus, selon l'état de la surface émaillée. On peut également améliorer l'éclairage en nettoyant les lampes lors de l'installation du réflecteur. Cette tâche peut à elle seule augmenter le flux lumineux de 5 à 20 p. 100. On peut aussi utiliser les réflecteurs avec de nouveaux luminaires éconergiques pour avoir un système d'éclairage super éconergique.

Applications particulières



Nota : On ne peut installer de réflecteurs dans certains luminaires, comme les luminaires à paralumes paraboliques profonds, faute d'espace ou à cause d'obstacles.

Le coût du réflecteur varie en fonction du type, des dimensions et de la conception. Un réflecteur encastré en aluminium de deux pieds sur quatre coûte en moyenne 50 $ tout installé. Un réflecteur argenté encastré de deux pieds sur quatre coûte en moyenne 55 $ tout installé.

EXEMPLE

Un bâtiment compte 500 luminaires comprenant chacun quatre lampes fluorescentes de 40 watts. On peut installer un réflecteur et enlever deux lampes et un ballast dans chaque luminaire.

Système en place –	luminaire de 192 watts muni de 4 lampes fluorescentes de 40 watts	
Système de remplacement –	réflecteur spéculaire de 96 watts – élimination de 2 lampes et d'un ballast	
Puissance économisée –	96 watts	
Économies d'énergie –	50 %	
Économies par luminaire –	puissance du luminaire en place (watts)	192-
	puissance des lampes enlevées (watts)	80+
	puissance du ballast supprimé (watts)	16
	économies d'énergie (watts)	96
Récupération simple –	coût d'investissement engagé pour l'installation des réflecteurs	29 000 $
	économies annuelles d'énergie	11 520 $
	période de récupération simple	2,5 ans

Pour plus d'information, s'adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

«Reflectors cut energy bill at Waterloo's Marsland Centre», *Power Saver Options*, Ontario Hydro, novembre 1991.

Lighting Reference Guide, 4e édition, Ontario Hydro, 1990.

Les réflecteurs, série Soyons écoénergiques, Ontario Hydro, 1990.

Specular Retrofit Reflectors, EPRI, 1991.

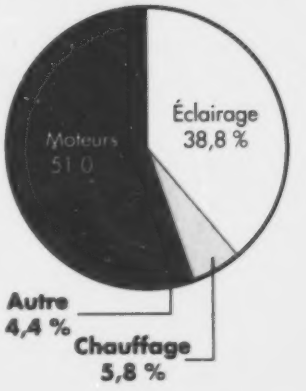
Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LES MOTEURS

LES MOTEURS ÉCONERGÉTIQUES

Un moteur électrique est un dispositif qui transforme de l'énergie électrique en énergie mécanique. La moitié environ de toute l'électricité utilisée dans les bâtiments commerciaux est consommée par des moteurs électriques. Ces moteurs servent surtout à la réfrigération, au traitement de l'air et au fonctionnement des ascenseurs. Bien souvent, l'électricité consommée en une année par un moteur coûte plusieurs fois le prix d'achat du moteur, ce qui veut dire que même des améliorations modestes de l'efficacité des moteurs peuvent engendrer d'importantes économies.

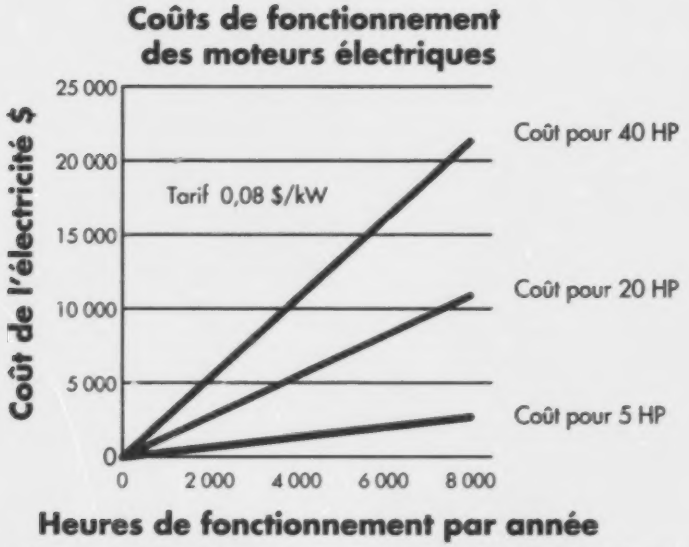
Répartition des utilisations commerciales de l'électricité



Il existe de nombreux types de moteurs. Les principaux sont les suivants : moteur à courant alternatif, moteur à courant continu et moteur universel ou tous-courants. L'équipement commercial de chauffage, de ventilation et de climatisation utilise généralement des moteurs à courant alternatif. On se sert des moteurs à courant continu quand on désire avoir une régulation précise de la vitesse.

LA TECHNOLOGIE DES MOTEURS ÉCONERGÉTIQUES – LE PRINCIPE

Les moteurs électriques sont généralement efficaces, mais la hausse du coût de l'électricité a incité à rechercher des moteurs encore plus efficaces et à mettre au point des moteurs à haut rendement. Le rendement d'un moteur est le quotient de l'énergie mécanique fournie par l'énergie électrique consommée. L'énergie fournie au moteur est transformée en énergie mécanique disponible à l'arbre ou se dissipe sous forme de chaleur dans le corps du moteur. On est parvenu à réduire ces pertes en utilisant des matériaux de meilleure qualité et en améliorant la conception des moteurs. Un moteur à haut rendement produit autant d'énergie mécanique en utilisant moins d'électricité qu'un moteur ordinaire.



Coût de moteurs ordinaires ayant les rendements suivants : 40 HP-89,5 %, 20 HP-87,5 %, 5 HP-88 %

APPLICATIONS

Les moteurs éconergétiques peuvent remplacer les moteurs ordinaires dans n'importe quelle application. Ils ont les mêmes spécifications et sont disponibles dans les mêmes dimensions de bâti que les moteurs ordinaires. Il existe une vaste gamme de moteurs éconergétiques avec une variété de puissance, d'enceinte, de couple, d'isolation et de vitesse. Les moteurs éconergétiques constituent une option économique pour remplacer les moteurs brisés. Il n'est généralement pas économique de remplacer des moteurs ordinaires qui fonctionnent de façon satisfaisante, bien que, dans certains cas, une analyse économique détaillée puisse démontrer le contraire. En règle générale, il est plus intéressant d'utiliser des moteurs à haut rendement, puisque jusqu'à la moitié de l'électricité utilisée dans les bâtiments commerciaux est consommée par des moteurs électriques.

Pour maximiser l'investissement dans un moteur à haute efficacité, il est très important de choisir un moteur dont la capacité correspond le plus possible à la charge. L'efficacité maximale est obtenue entre 75 p. 100 et 100 p. 100 de la pleine charge, en fonction de la conception, et l'efficacité baisse beaucoup au-dessous de 30 p. 100 environ de la charge. Si la vitesse de l'équipement entraîné par le moteur doit varier au lieu d'être constante, il faut envisager l'emploi d'un variateur de vitesse.

Les moteurs à haut rendement coûtent plus cher parce qu'ils comprennent plus de matériaux et de meilleurs matériaux. La différence de prix varie entre 20 p. 100 et 25 p. 100 dans le cas des petits moteurs (1 à 20 HP) et entre 5 p. 100 et 10 p. 100 dans le cas des gros moteurs (jusqu'à 200 HP). On doit donc les choisir quand la différence de prix par rapport à un moteur ordinaire peut être récupérée sur une période raisonnable.

Quand on a un grand nombre d'heures de fonctionnement par an et une charge qui va de moyenne à élevée, les moteurs éconergétiques sont une bonne option.

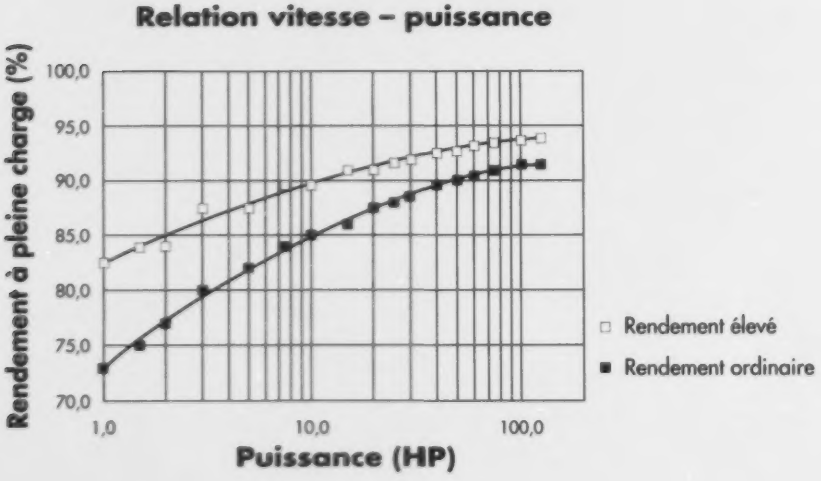
L'aide financière offerte par certains services d'électricité est un autre facteur dont il faut tenir compte dans un projet de rénovation ou quand on envisage de remplacer des moteurs existants.

Dans le secteur commercial, les fabricants de systèmes achètent souvent des moteurs pour leurs produits. Comme ils ne se soucient pas des frais d'exploitation de l'équipement, ces fabricants utilisent souvent les moteurs les moins chers, qui ont généralement un rendement peu élevé. Les participants à l'Initiative des bâtiments fédéraux devraient inciter leur entreprise de gestion à exiger des moteurs à haut rendement dans tout équipement modernisé.

AVANTAGES

Un moteur à haut rendement peut consommer entre 3 p. 100 et 8 p. 100 moins d'électricité qu'un moteur ordinaire, avec des gains d'efficacité pouvant atteindre 12 p. 100 dans le cas des moteurs d'un HP. De plus, l'emploi d'un moteur à haut rendement qui fonctionne pendant les heures de pointe peut permettre d'économiser les primes de puissance.

Un moteur à plus haut rendement produit moins de chaleur interne et a une plus faible température de fonctionnement. Cela veut dire qu'il aura une plus longue durée de vie et qu'il permettra de réaliser des économies sur le plan de la climatisation. Les nouveaux moteurs sont aussi plus silencieux, durent plus longtemps et sont généralement plus fiables.



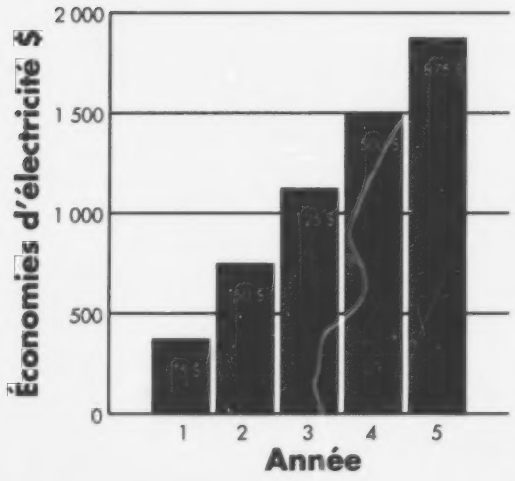
Comme les moteurs éconergétiques contiennent plus de matériaux, les pertes des stators et des rotors sont réduites par le fait que la résistance de leurs enroulements respectifs est plus faible. Pour cela, on augmente leur section transversale.

Exemple d'économies

Remplacement d'un moteur de ventilateur de 25 HP par un moteur à haut rendement. Le ventilateur fonctionne 16 heures par jour, soit 5 480 heures par an, et l'électricité coûte, en moyenne, 0,06 $ le kWh.

Moteur ordinaire = rendement de 85 %
Moteur à haut rendement = rendement de 90 %
Coût supplémentaire = 305 $
Économies d'énergie = 427 $ par an
Période de récupération = 9 mois

Économies annuelles cumulées



Pour plus d'information, s'adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Motors Reference Guide, Ontario Hydro Product Knowledge, 1989.

Ontario Hydro Commercial Electric Energy Manual – Fundamentals, Ontario Hydro, septembre 1985.

Energy Efficient Motors, Sask Power, 1990.

Ventilateurs et pompes, série de la gestion de l'énergie, n° 13, EMR, 1987.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

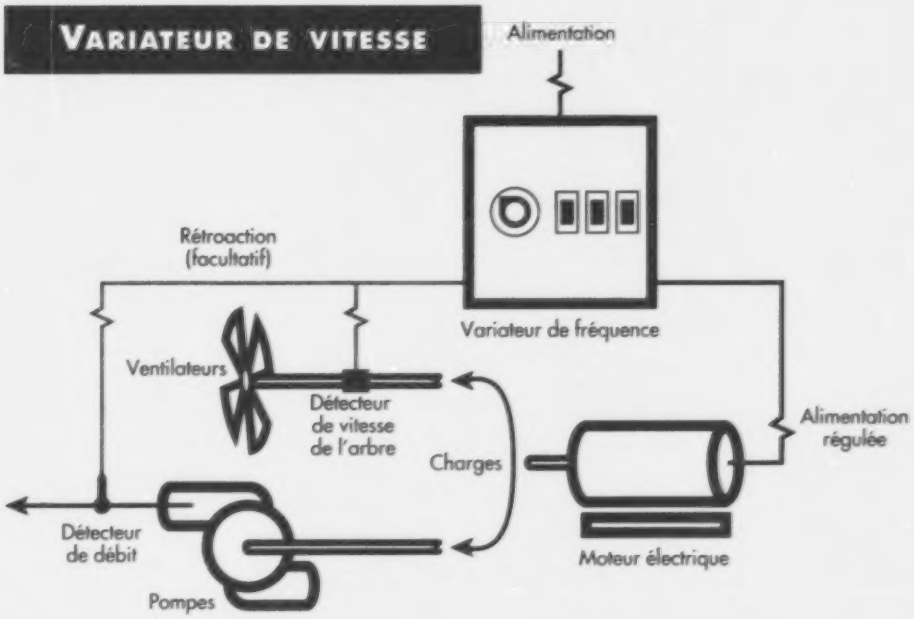
LES VARIATEURS DE VITESSE

La moitié environ de l'électricité utilisée dans les bâtiments commerciaux est consommée par des moteurs électriques. Les stratégies de réduction de la consommation d'énergie des moteurs se rangent en trois grandes catégories.

- On réduit la consommation électrique des moteurs en réduisant la charge. Dans de nombreux bâtiments, les systèmes de circulation de l'air et de l'eau ont été conçus avec une capacité bien supérieure aux besoins. En réévaluant et en réduisant le débit des pompes et des ventilateurs, on peut réduire la consommation des moteurs d'une valeur qui correspond au cube environ du débit.
- On réduit les heures de fonctionnement. Il est possible de diminuer la consommation d'énergie en réévaluant attentivement les périodes pendant lesquelles l'équipement doit fonctionner, ainsi qu'en installant des systèmes automatisés de gestion de l'énergie qui peuvent arrêter automatiquement les ventilateurs et les pompes quand on n'en a pas besoin.
- On peut utiliser des techniques nouvelles ou améliorées, comme celles des moteurs à haut rendement et des variateurs de vitesse.

On utilise un variateur de vitesse quand la vitesse de l'équipement entraîné par le moteur a besoin de varier au lieu de rester constante toute la journée. On s'en sert pour faire correspondre aux besoins de l'équipement la vitesse fournie par le moteur. Les variateurs de vitesse peuvent être de type mécanique, mais ils tendent à avoir un rendement inférieur, à offrir une moins grande gamme de vitesses, à être plus encombrants et à exiger plus d'entretien.

Le reste de la fiche technique se concentrera sur les variateurs électroniques. Il s'agit essentiellement de dispositifs de régulation de la vitesse et du couple des moteurs électriques à courant alternatif. Le courant d'entrée passe dans un



«boîte noire», qui fait varier la fréquence d'entrée et, ainsi, la vitesse du moteur. Le variateur peut réagir au signal d'une commande manuelle ou d'une commande automatique sous la forme d'une tension, d'un courant ou d'une pression.

Les variateurs de vitesse comprennent de nombreux circuits et composants électriques, qui sont généralement logés dans une armoire qui assure la dissipation thermique et le blindage. Les variateurs sont disponibles en une grande gamme de tailles selon la puissance, la tension nominale et le type. Des câbles électriques relient le moteur au variateur, parfois sur de grandes distances. Les petits variateurs à courant alternatif peuvent être montés sur le moteur même. Il y a une petite perte d'énergie dans les composants de la boîte noire, ce qui veut dire que le rendement des variateurs de vitesse est légèrement inférieur à 100 p. 100.

LA TECHNOLOGIE DES VARIATEURS DE VITESSE – LE PRINCIPE

Quand un moteur électrique entraîne une pièce d'équipement comme une pompe centrifuge ou un ventilateur, la vitesse de l'arbre du moteur influe directement sur la consommation d'électricité.

L'énergie consommée par le moteur (HP) est proportionnelle au cube de la vitesse de l'arbre (tr/min^3). C'est ainsi que, si l'on réduit de 10 p. 100 la vitesse du moteur, on réduit de 27 p. 100 les besoins d'énergie. Le problème des systèmes ordinaires à vitesse fixe est que, s'il se produit une baisse de la charge, l'énergie excédentaire est gaspillée dans les dispositifs de régulation (registres, robinets d'étranglement, boucles de recirculation), parce que l'électricité

Relation vitesse – énergie

fournie ne diminue pas en proportion de la réduction de la demande. Grâce à un variateur de vitesse, on peut ajuster la vitesse en fonction de la charge pour réaliser des économies d'énergie globales et en période de pointe.

Applications, coûts et économies possibles

La majorité des variateurs de vitesse sont utilisés pour les ventilateurs à débit d'air variable, mais on les utilise également pour les pompes de liquide et les refroidisseurs de climatisation. Cela veut dire qu'on peut s'en servir aussi bien pour des projets de rénovation que pour de nouvelles installations. Dans un bâtiment commercial type, les économies d'énergie correspondent à 60 p. 100 environ de l'énergie consommée par les moteurs à vitesse constante.

De nombreux fabricants offrent aujourd'hui une gamme de variateurs de vitesse allant de 1 à 1 500 HP. La conception d'un variateur de vitesse est fonction de l'installation. Il faut donc choisir l'équipement qui convient le mieux à l'application à laquelle il est destiné.

Le coût d'un variateur de vitesse dépend de la puissance du moteur auquel il est destiné. Dans le cas d'un moteur de moins de 5 HP, le prix varie entre 600 $ et 2 500 $ par HP. Dans le cas des très gros moteurs (100 à 300 HP), le coût n'est plus que de quelques centaines de dollars par HP. En règle générale, l'achat d'un variateur de vitesse se rentabilise en l'espace de 5 à 10 ans, et même plus rapidement si l'on profite de l'aide financière offerte par le service d'électricité. Pour les moteurs de plus de 50 HP, les frais d'installation sont généralement comparables au coût d'achat du variateur. Pour les moteurs d'une puissance inférieure, ils peuvent atteindre le double du prix d'achat du variateur.

Un variateur de vitesse offre d'autres avantages par rapport aux entraînements mécaniques, hydrauliques et à vitesse fixe :

- gammes plus étendues de vitesse, de couple et de puissance
- temps de réponse plus court
- prolongation de la durée de vie utile de l'équipement
- réduction des vibrations et du bruit
- réduction de l'entretien et des temps de panne.

Il est possible de réaliser des économies tant sur le plan de la consommation d'énergie que sur celui du tarif de pointe.

L'importance de ces économies dépend de l'échelle tarifaire du service d'électricité. Il faut prendre soin de tenir compte des économies d'énergie et des économies réalisées sur les tarifs de pointe. Les calculs reposent souvent sur le coût moyen de l'énergie, ce qui donne lieu à une forte surestimation des économies. Le tarif de pointe constitue l'autre élément du coût de l'électricité. Il s'agit du tarif que le service d'électricité applique au courant qu'elle fournit en période de pointe. Le principal facteur qui influe sur le tarif de pointe est la charge maximale du client. Comme les variateurs de vitesse permettent d'ajuster la charge, qui varie en fonction du cube de la vitesse, il est possible de réduire de beaucoup les frais associés au tarif de pointe.

Pour plus d'information, s' adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Adjustable Speed Drive Reference Guide, 2e édition. Ontario Hydro Product Knowledge,1989.

Commercial/Institutional Buildings, Electrical Energy Technology Study, étude réalisée pour le ministère de l'Énergie de l'Ontario par Marbeck Resource Consultants and Engineering Interface Limited, février 1988.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

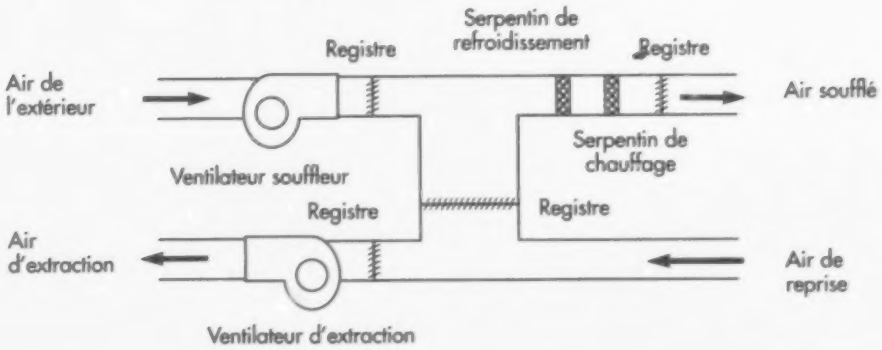
LES SYSTÈMES DE BÂTIMENTS

INSTALLATIONS DE VENTILATION

La fonction première des installations de ventilation dans un bâtiment est de garantir la qualité de l'air intérieur et de distribuer l'énergie de chauffage (ou de refroidissement) dans tout le bâtiment. Bien que ces installations consomment beaucoup d'énergie, on peut, par des ajustements mineurs ou le simple entretien des installations, améliorer le confort intérieur et créer un milieu de travail plus productif tout en réalisant des économies d'énergie et d'argent. La mise au point des installations de ventilation est parfois assimilée à une remise en service du bâtiment. La présente fiche technique donne un aperçu du fonctionnement des installations de ventilation et quelques conseils pratiques pour réduire leur consommation d'énergie.

Il importe de savoir que l'air de ventilation provient de trois sources différentes : *l'air extérieur, l'air de reprise* et *l'air soufflé.* Dans un immeuble à bureaux, l'air frais de l'extérieur est acheminé à l'intérieur par de gros ventilateurs. On appelle air de reprise l'air qui a déjà été distribué dans un bâtiment et dont une certaine proportion est évacuée à l'extérieur par des ventilateurs et le reste, mélangé à l'air extérieur pour produire de l'air soufflé. L'air soufflé est réchauffé ou refroidi, selon les besoins, avant d'être distribué dans le bâtiment. Des ventilateurs et des registres règlent le mélange et la distribution de l'air de ventilation qui est ensuite filtré.

Figure 1 - Ventilateurs et registres règlent la distribution de l'air extérieur, de l'air de reprise et de l'air soufflé



Il est primordial que la quantité d'air frais soit suffisante pour garantir un milieu de travail salubre et productif. Bon nombre des codes canadiens du bâtiment ont puisé dans la norme 69-1989 de l'American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) pour définir les exigences relatives à l'introduction d'air extérieur. Cette norme prescrit un apport d'air extérieur d'au moins 10 litres/seconde par personne pour un bureau de dimensions courantes. Dans les régions où les émissions de polluants atmosphériques sont élevées, on exige des renouvellements d'air plus fréquents et on recommande la mise en place d'installations individuelles de ventilation.

Conseils pratiques pour économiser l'énergie

Il existe bien des façons de réduire la consommation d'énergie des installations de ventilation. Il peut s'agir de mesures qui n'entraînent que peu ou pas de dépenses, consistant à modifier les méthodes d'exploitation d'une installation ou à effectuer quelques travaux d'entretien, ou au contraire de projets de rénovation plus complexes, comme la modernisation de l'équipement ou la conception d'un nouveau système. Dans l'un ou l'autre cas, on obtiendra vraisemblablement des installations plus rentables et on améliorera la qualité du milieu de travail. Voici quelques conseils pratiques qui vous permettront de rendre vos installations de ventilation plus éconergétiques.

1. Effectuer régulièrement l'entretien

Tout comme une automobile, l'équipement de ventilation a besoin d'un entretien périodique pour fonctionner aussi efficacement que possible.

- Nettoyer et changer les filtres régulièrement; ceci améliorera la qualité de l'air ainsi que le rendement des ventilateurs qui en sont équipés.
- Vérifier le bon fonctionnement des registres qui commandent l'apport d'air extérieur et le mélange de l'air de reprise avec l'air extérieur.
- Rajuster et remplacer au besoin les entraînements par courroie des appareils.
- Isoler et réparer les conduits afin de réduire les pertes dues aux fuites. Il n'est pas rare que 10 à 20 p. 100 de l'air qui circule dans un conduit n'atteigne jamais la pièce à laquelle il était destiné.

2. Régler les commandes

Même sans changer l'équipement de ventilation, on peut réaliser des économies d'énergie importantes par un simple réglage des systèmes de commande.

- Abaisser la ventilation pendant les périodes d'inoccupation du bâtiment. On peut établir des horaires de marche pour les ventilateurs à l'aide de chronomètres ou d'un mécanisme automatisé de gestion de l'énergie. On prendra soin, toutefois, de programmer la mise en service des ventilateurs avant les heures normales d'occupation du bâtiment afin que l'air vicié puisse être évacué à temps.

3. Améliorer l'équipement

On peut réaliser des économies d'énergie en apportant des modifications mineures à l'équipement. Lorsqu'on le remplace, on doit envisager l'achat d'équipement à haut rendement.

- Utiliser autant que possible des entraînements à vitesse variable. (Se reporter à la fiche technique intitulée «Les variateurs de vitesse».)
- Installer des ventilateurs de plafond lorsque les plafonds sont très élevés.

4. Modifier les systèmes

Bien que plus compliquée, la modification des systèmes permet souvent des économies d'énergie substantielles.

- L'ajout d'équipement de récupération de la chaleur au système de ventilation devient de plus en plus économique à mesure que les coûts de l'énergie et la demande de ventilation s'accroissent. L'équipement de récupération de la chaleur peut permettre de réaliser des économies d'énergie en utilisant la chaleur de l'air d'extraction pour prétraiter l'air d'arrivée et en réduisant ainsi la charge de chauffage ou de refroidissement. Un échangeur de chaleur air-air est utilisé pour transférer la chaleur d'un réseau à l'autre.
- Avec les progrès de l'informatique, les systèmes automatisés de gestion de l'énergie deviennent de plus en plus économiques. (Se reporter à la fiche technique intitulée «Les systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie».)

CONCLUSIONS

On peut régler les installations de ventilation et en effectuer l'entretien afin qu'elles puissent assurer, d'une manière éconergétique, le confort des occupants et la qualité du milieu de travail. Les responsables de l'entretien et de l'exploitation de bâtiments, les gestionnaires immobiliers et les locataires doivent tous contribuer à améliorer le fonctionnement des installations de ventilation. Les responsables de l'entretien et de l'exploitation de bâtiments doivent se tenir au courant des nouvelles techniques et méthodes d'entretien; les locataires doivent transmettre leurs commentaires au personnel d'entretien et les gestionnaires immobiliers doivent être au courant de tous les problèmes qui surviennent pour être en mesure de prendre des décisions éclairées quant à l'amélioration des installations.

Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Air Conditioning Systems Design Manual, ASHRAE 581-RP, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, Géorgie, 1993.

ASHRAE Standard Guideline for Commissioning HVAC Systems, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Norme 1-1989.

Energy Management Handbook, Wayne C. Turner, The Fairmont Press Inc., 2e édition, 1993.

Handbook of Energy Engineering, Albert Thumann et D. Paul Mehta, The Fairmont Press Inc., 1991.

Heating, Ventilating, and Air Conditioning — Analysis and Design, Faye C. McQuiston et Jerald D. Parker, 3e édition, John Wiley & Sons Inc., 1988.

Principles of Heating Ventilating and Air Conditioning, Harry J. Sauer, Jr. et Ronald H. Howell, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc., 1990.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LE PARE-VENT — L'UN DES ÉLÉMENTS LES PLUS DÉTERMINANTS DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Les fenêtres, les portes, les murs et le toit sont des éléments de l'enveloppe du bâtiment qui séparent le milieu intérieur de l'extérieur. Bien que l'enveloppe du bâtiment serve à de multiples usages, l'une de ses fonctions les plus importantes est de diminuer les fuites d'air du bâtiment. Les fuites d'air ont une grande incidence non seulement sur les coûts d'énergie et d'entretien du bâtiment, mais aussi sur la qualité de l'air à l'intérieur et sur le confort thermique des occupants.

La présente fiche technique souligne l'importance de diminuer les fuites d'air d'un bâtiment. On y décrit les causes générales de ces fuites ainsi que les mesures à prendre pour les corriger. La meilleure façon de réduire au minimum les fuites d'air d'un bâtiment est de bien le concevoir et d'y aménager un pare-vent dès le départ; cependant, il est possible d'améliorer le pare-vent dans des bâtiments existants. Cette fiche présente diverses méthodes en vue de déceler les problèmes liés au pare-vent, ainsi que des exemples de certaines améliorations possibles à l'enveloppe du bâtiment.

POURQUOI FAUT-IL DIMINUER LES FUITES D'AIR DANS UN BÂTIMENT ?

L'enveloppe du bâtiment remplit de multiples fonctions. Elle contribue à la force et à la rigidité du bâtiment, tout en faisant office d'écran contre les incendies, les rayons solaires, le bruit, le transfert de chaleur, l'eau, la vapeur et les fuites d'air. Diminuer les fuites d'air est l'un des aspects les plus importants de l'enveloppe d'un bâtiment, puisque cette diminution influe sur :

- les coûts énergétiques du chauffage et du conditionnement de l'air
- les coûts d'entretien de l'enveloppe du bâtiment
- le confort thermique des occupants à l'intérieur
- la qualité de l'air à l'intérieur.

1. Coûts énergétiques

Les fuites d'air peuvent influer grandement sur les coûts d'énergie liés au chauffage et au conditionnement de l'air d'un bâtiment. En hiver, les pertes d'air (lorsque l'air s'échappe du bâtiment) signifient de l'argent jeté par les fenêtres. L'air chaud qui s'échappe vers l'extérieur doit être remplacé par de l'air froid qu'il faut chauffer à la température intérieure. En supposant que l'air doit être chauffé de 0 °C à 20 °C, on a besoin d'une puissance de 24 kilowatts en chauffage pour chaque 1 000 litres par seconde (L/s) d'air perdu. Sur une période de quatre mois, ces 1 000 L/s d'air perdu correspondraient à environ 70 000 kilowattheures d'énergie gaspillée, ce qui n'inclut pas l'énergie additionnelle nécessaire pour humidifier l'air froid et sec provenant de l'extérieur. De la même manière, en été, les fuites d'air haussent les coûts liés au refroidissement en augmentant l'énergie nécessaire pour rafraîchir et assécher l'air qui pénètre dans le bâtiment.

Comme il sera mentionné plus loin, les fuites d'air sont souvent les plus importantes lorsque les températures extérieures sont les plus froides et que les charges de chauffage sont déjà au maximum. Si le système de chauffage est alimenté électriquement, les fuites d'air élèveront encore davantage le niveau maximal de la demande d'électricité. Les services publics d'électricité imposent des tarifs élevés à leurs clients commerciaux en période de pointe. Ceux-ci devront souvent payer ce tarif plus élevé, non seulement pour la facture du mois en cours, mais aussi pour les onze prochains mois. (Se reporter à la fiche technique intitulée «Tarifs et pratiques de facturation des services publics» pour une explication détaillée des coûts relatifs à la demande d'électricité).

2. Coûts d'entretien

L'air peut retenir une quantité importante d'humidité : un kilogramme d'air à 21 °C et à 40 p. 100 d'humidité relative renferme plus de six grammes d'eau. Lorsque l'air traverse l'enveloppe du bâtiment vers l'extérieur en hiver, sa température baisse, diminuant ainsi sa capacité de rétention de l'humidité. Si la température de l'air décroît jusqu'à 0 °C, sa capacité de rétention n'est que de quatre grammes d'eau par kilogramme d'air. En d'autres termes, il laisse échapper au moins deux grammes d'eau. Si cette eau se condense dans l'enveloppe du bâtiment, elle peut provoquer de la pourriture, de la moisissure ou la formation de champignons. Les dégâts causés par l'eau raccourcissent la durée de vie des matériaux du bâtiment, augmentant ainsi les coûts d'entretien. La meilleure façon d'éviter la condensation de l'eau dans l'enveloppe du bâtiment est de diminuer les fuites d'air.

3. Le confort thermique à l'intérieur

En hiver, les fuites d'air peuvent provoquer des courants d'air froid autour du périmètre intérieur du bâtiment, incitant les occupants à régler le thermostat à la hausse, ce qui peut entraîner une surchauffe dans d'autres locaux. Les fuites d'air influent également sur le taux d'humidité à l'intérieur. En hiver, l'entrée d'air froid et sec de l'extérieur diminue le taux d'humidité intérieur, alors qu'en été, c'est le phénomène inverse qui se produit.

4. La qualité de l'air à l'intérieur

Contrairement à la croyance populaire, un bâtiment qui n'est pas étanche ne possède pas toujours une bonne qualité de l'air à l'intérieur. En réalité, les fuites d'air peuvent contribuer à y appauvrir la qualité de l'air ambiant. Les problèmes liés à la qualité de l'air à l'intérieur sont imputables à des sources de contaminants, à une ventilation médiocre ou à ces deux facteurs; les fuites d'air peuvent contribuer à ces deux

problèmes. Comme il a été décrit plus tôt, les pertes d'air peuvent entraîner une condensation dans les murs, ce qui provoque de la moisissure et la croissance de champignons. S'il y a changement de pression à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment, notamment si le vent a tourné, les moisissures et les champignons pourront s'infiltrer à l'intérieur du bâtiment en même temps que l'air, diminuant par le fait même la qualité de l'air à l'intérieur. En outre, de nombreux bâtiments comportent des aires de stationnement intérieures, aux niveaux inférieurs où, comme il sera décrit plus loin, l'infiltration d'air est très probable en hiver. L'air qui s'infiltre en provenance des stationnements intérieurs peut contribuer à augmenter la concentration de dioxyde de carbone, de monoxyde de carbone et d'autres contaminants.

En plus d'augmenter le taux de contaminants à l'intérieur, les fuites d'air diminuent l'efficacité du système de ventilation, qui est censé fournir de l'air pur aux occupants. Le déplacement incontrôlé de l'air dû aux fuites fait varier la distribution de la pression d'air dans le bâtiment. Les schémas normaux de l'écoulement d'air du système de ventilation sont perturbés; par conséquent, l'air pur du système de ventilation ne réussit pas à atteindre, comme il se doit, toutes les parties du bâtiment.

Origine des fuites d'air

Pour que l'air traverse l'enveloppe du bâtiment, il faut deux conditions : une différence de pression et un passage laissant s'échapper l'air. Tout comme la chaleur passe d'un niveau élevé à un niveau plus bas, l'air passe d'une pression élevée à une pression basse, mais il faut quand même un passage permettant à l'air de traverser.

Trois principaux facteurs influent sur la différence de pression à l'intérieur de l'enveloppe d'un bâtiment : le vent, le système de ventilation mécanique et le tirage.

a) Vent

Le vent exerce une pression positive sur le côté exposé au vent d'un bâtiment et une pression négative du côté sous le vent. Les rafales de vent peuvent occasionner de grandes variations dans la différence de pression exercée sur l'enveloppe d'un bâtiment.

b) Système de ventilation mécanique

Le système de ventilation mécanique est composé de puissants ventilateurs refoulants et de ventilateurs aspirants. S'il pénètre plus d'air dans un bâtiment qu'il n'en est évacué, l'intérieur du bâtiment est alors soumis à une pression.

c) Tirage

Dans les grands immeubles, le tirage constitue la cause la plus importante de pression exercée sur l'enveloppe. En hiver, l'air chaud à l'intérieur du bâtiment, étant plus léger que l'air froid, s'élève par rapport à l'air froid de l'extérieur et exerce une pression positive sur les derniers étages d'un bâtiment. Par conséquent, l'air chaud de l'intérieur s'échappe par les étages supérieurs et l'air froid de l'extérieur s'infiltre par les étages inférieurs. Le tirage s'accentue en hiver, lorsqu'il existe un grand écart entre la température de l'air intérieur et celle de l'air extérieur, et encore davantage dans les bâtiments en hauteur. On peut essayer de diminuer le tirage en étanchéisant les colonnes verticales du bâtiment, comme les conduits de service pour la canalisation électrique et la plomberie.

Le pare-vent

Puisqu'il est impossible d'éliminer la différence de pression à l'intérieur de l'enveloppe d'un bâtiment, la meilleure manière de diminuer les fuites d'air est d'étanchéiser les passages permettant à l'air de traverser l'enveloppe. À cette fin, on doit prévoir une conception et une construction appropriées d'un pare-vent continu dans

l'enveloppe. Les figures suivantes illustrent le pare-vent d'une enveloppe de bâtiment.

Comme ces exemples le démontrent, le pare-vent peut être composé de tout type de matériau étanche à l'air, comme le métal, le verre, le placoplâtre ou le polyéthylène. Cependant, il est indispensable que le pare-vent soit continu et qu'il n'offre aucun passage permettant à l'air de traverser l'enveloppe. Par conséquent, il faut prendre soin de concevoir et de construire l'enveloppe de façon à ce que tous les joints dans le pare-vent soient étanches. Il faut également veiller à ce que le pare-vent soit bien fixé afin d'éviter que les joints perdent de leur étanchéité lorsque l'enveloppe subit des tensions sous les rafales de vent.

Figure 1a - Le placoplâtre sert de pare-vent dans ce mur en maçonnerie

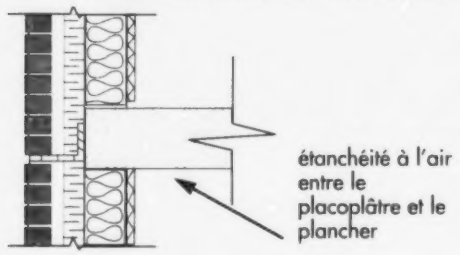


Figure 1b - Le métal et le verre servent de pare-vent dans ce mur-rideau

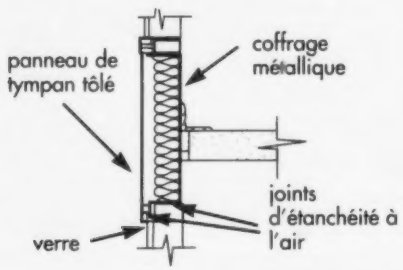
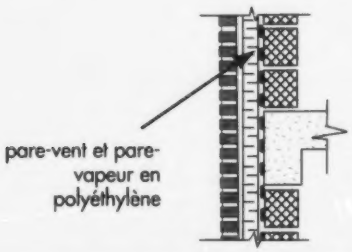


Figure 1c - Le polyéthylène sert de pare-vent dans ce mur en maçonnerie



Mesures des fuites d'air

Dans son manuel, l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) classe les enveloppes de bâtiment en trois catégories — étanches à l'air, moyennement étanches et peu étanches — selon que le taux de fuite est de 0,5, 1,5 et 3,0 L/s par mètre carré de surface extérieure, à une pression différentielle de 75 Pa. Dans les faits, un grand nombre d'immeubles sont beaucoup moins étanches. Dans les années 70, le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) ont mené une étude visant à mesurer l'étanchéité de six immeubles à bureaux de l'État. Ces immeubles, qui avaient moins de dix ans à l'époque, comptaient de 10 à 26 étages et avaient été construits avec des panneaux en béton préfabriqués ou en métal. Pour pressuriser les immeubles, on a coupé tous les ventilateurs de reprise et d'extraction en laissant fonctionner les systèmes d'alimentation en air. Les taux de fuite variaient de 1,73 à 4,85 L/s/m^2 à une pression de 50 Pa, ce qui représente environ 2,25 et 6,31 L/s/m^2 à 75 Pa. (NOTA : Les taux de fuite n'étant pas toujours exprimés à la même pression de référence, il faut s'assurer de comparer des données équivalentes. De plus, on doit se rappeler que la pression différentielle de l'enveloppe des bâtiments varie continuellement et qu'elle peut être très différente de la pression de référence susmentionnée).

AMÉLIORATIONS DU PARE-VENT

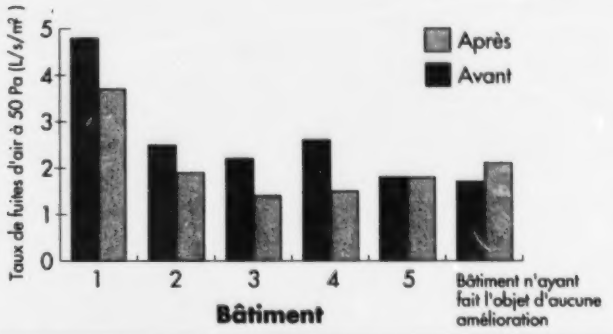
Outre les essais de mise sous pression générale d'un bâtiment, qui peuvent s'avérer assez coûteux, il existe de nombreuses façons d'évaluer les fuites d'air d'une construction. L'inspection visuelle, la thermographie, les mesures avec la poire à fumée, les essais de mise sous pression partielle et le suivi des températures, de l'humidité et des pressions ne sont que quelques méthodes utilisées par les spécialistes de l'enveloppe du bâtiment pour déceler des problèmes de fuites d'air. Une fois que l'on a compris le problème, il est possible d'établir la méthode la plus appropriée pour améliorer l'enveloppe du bâtiment.

La liste suivante énumère quelques-unes des améliorations pouvant servir à diminuer les fuites d'air dans un bâtiment :

- étanchéiser et calfeutrer les joints des murs-rideaux
- étanchéiser et calfeutrer les fenêtres et les portes
- étanchéiser les joints entre la fenêtre et le mur, entre la porte et le mur, entre le plancher et le mur, entre le mur et le plafond et les autres joints
- étanchéiser les ouvertures des tuyaux, des conduites et des câbles qui passent à travers les planchers et les murs extérieurs
- étanchéiser les locaux des installations mécaniques des appentis, où l'effet de tirage est le plus intense
- refaire le recouvrement mural extérieur du bâtiment.

Des améliorations apportées au bâtiment peuvent diminuer les taux de fuites d'air, même dans des bâtiments anciens. Par exemple, des améliorations de l'enveloppe du bâtiment ont été apportés à cinq des six immeubles ayant fait l'objet d'essais par le CNRC et TPSGC dans les années 70. En 1991, on a de nouveau mesuré l'étanchéité à l'air de ces bâtiments en utilisant les mêmes méthodes. Selon les résultats, quatre des cinq bâtiments étaient plus hermétiques, le cinquième ayant la même étanchéité qu'auparavant. Quant au bâtiment qui n'avait fait l'objet d'aucune amélioration de son enveloppe, il était beaucoup moins étanche.

Figure 2 - Résultats de l'étude du CNRC et de TPSGC sur la mesure des fuites d'air avant et après les améliorations de l'enveloppe du bâtiment



Conclusions

Une bonne enveloppe de bâtiment est indispensable au maintien d'un milieu de travail confortable, en conformité avec les principes éconergétiques. Bien que l'enveloppe du bâtiment remplisse de nombreuses fonctions, il est très important qu'elle possède un pare-vent continu. Il existe de nombreuses méthodes efficaces en vue d'améliorer le pare-vent, même dans les bâtiments anciens.

Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

«Changes in Air Leakage Levels of Six Canadian Office Buildings», C.Y. Shaw, J.T. Reardon et M.S. Cheung, *ASHRAE Journal*, vol. 35, nº 2, février 1993, p. 34-36.

Development of Design Procedures and Guidelines for Reducing Electric Demand by Air Leakage Control in High-Rise Residential Buildings, Scanada Consultants Ltd et CanAm Building Envelope Specialists Inc. pour Ontario Hydro et la Société canadienne d'hypothèques et de logement, août 1991.

«Diagnosing Envelope Problems by Field Performance Monitoring», M.D. Lawton, *Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings V, Proceedings of the ASHRAE/DOE/BTECC Conference*, Clearwater Beach, Floride, décembre 1992.

Envelope Design Guidelines for Federal Office Buildings: Thermal Integrity and Airtightness, A.K. Persily pour la General Services Administration et le ministère du Commerce des É.-U., National Institute for Standards and Technology, NISTIR 4821, mars 1993.

Les organismes suivants offrent également de nombreuses publications sur les enveloppes de bâtiment :

- Société canadienne d'hypothèques et de logement
- Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
- Conseil national de recherches du Canada.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LES SYTÈMES DE GESTION ET DE CONTRÔLE DE L'ÉNERGIE

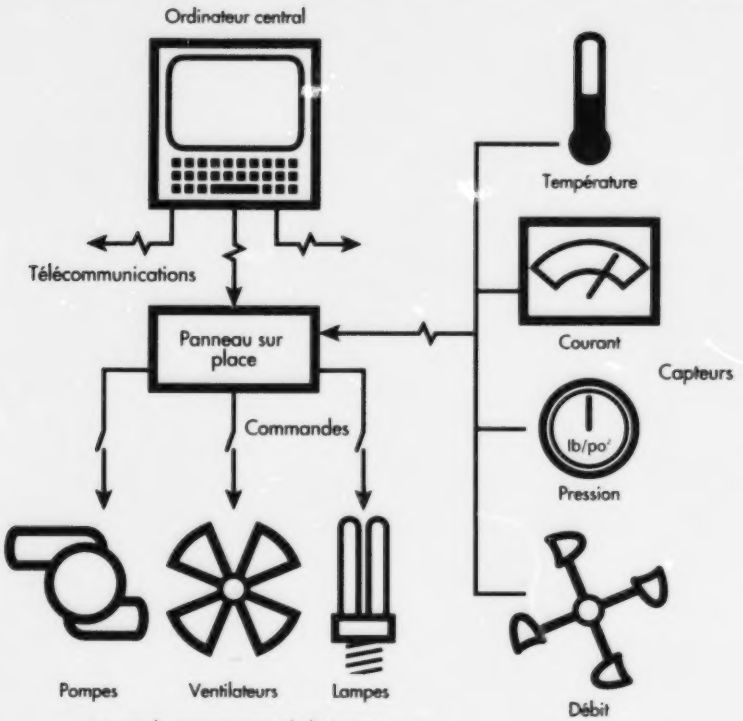
Les systèmes de gestion et de contrôle de l'énergie (SGCE) deviennent rapidement le meilleur moyen de surveiller et de réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments commerciaux. Profitant des progrès rapides de l'équipement électronique et du logiciel, les SGCE sont l'une des meilleures options de réduc-tion des frais d'exploitation. Les SGCE réduisent le gaspillage d'énergie en con-trôlant automatiquement les systèmes d'un bâtiment qui consomment de l'énergie. On tend à intégrer les SGCE au système d'incendie et de sécurité et au système de commande des ascenseurs pour obtenir une automatisation vraiment intégrée des services de l'immeuble.

Éléments d'un SGCE

Les principaux éléments d'un SGCE sont les suivants :

- ***Capteurs*** – Les capteurs et les transducteurs sont des dispositifs électro-niques qui transforment un paramètre (par exemple la mesure physique de la température ou de l'humidité) en un signal électrique, qui peut facilement être transmis à une unité centrale de traitement ou à un ordinateur.
- ***Servocommandes*** – Il s'agit de dispositifs qui peuvent recevoir les instructions d'un ordinateur central et ajuster une pièce d'équipement. Il peut s'agir, par exemple, d'un dispositif qui met en marche ou arrête le moteur d'un ventilateur, modifie la position d'un registre, allume ou éteint des lumières, ou ajuste un thermostat.

SYSTÈMES TYPES DE GESTION DE L'ÉNERGIE



- ***Télécommunications*** – Des signaux ou des messages sont échangés entre les capteurs et l'ordinateur par la voie de câbles, de fréquences radio, d'ondes porteuses sur ligne de transport ou de fibres optiques. Il faut évaluer séparément chaque méthode de communication en tenant compte de facteurs comme le coût de l'équipement, les frais d'installation, la fiabilité, etc. Les techniques de communication qui exigent de gros investissements peuvent se rentabiliser grâce à la réduction des frais d'installation et d'entretien.
- ***Ordinateur*** – Le microprocesseur central est le cœur du SGCE. Il possède de grandes capacités, qui ne cessent de s'étendre. Le logiciel permet d'exécuter les principales fonctions suivantes.
  - Contrôle de paramètres comme la température, l'humidité, l'état de marche du système, la qualité de l'air, l'état de l'équipement et le niveau ou le débit des liquides.
  - La programmation de l'équipement pour l'arrêt ou la mise en marche automatique en fonction des besoins. Le problème consiste à déterminer quand et pendant combien de temps l'équipement peut être à l'arrêt

sans nuire au confort des occupants ou au fonctionnement de l'équipement du bâtiment. Cela varie d'un bâtiment à un autre et en fonction de la configuration de l'équipement.

- La commande d'intervention permet à l'ordinateur de neutraliser un système local dont le rendement n'est pas optimal en raison de fluctuations ou de perturbations.
- Des alarmes peuvent être déclenchées à un niveau prédéterminé pour porter un problème à l'attention du préposé.
- La capacité d'enregistrement est un aspect important d'un SGCE. Le système peut fournir un relevé chronologique de l'état de fonctionnement et du rendement des systèmes d'un bâtiment, et enregistrer les paramètres d'une alarme. Le SGCE peut également assurer une fonction d'entretien préventif en produisant des ordres d'exécution, des listes de pièces et des consignes d'entretien, selon les besoins.

Avantages

- **Réduction des coûts de l'énergie.** Un SGCE permet de réduire et de réguler la consommation d'électricité dans un bâtiment en déplaçant la demande en fonction des tarifs horaires, ou en limitant ou en écrêtant la demande de pointe pour réduire les primes de puissance. Les deux stratégies le plus souvent utilisées sont le **délestage** et la **mise hors service cyclique.**
  - Dans le cas du **délestage**, le SGCE est programmé pour surveiller la charge électrique et veiller à ce qu'elle ne dépasse pas un niveau prédéterminé. Pour y parvenir, le SGCE arrête l'équipement non essentiel, comme les pompes à eau, le chauffage des baies de chargement et des locaux, et diffère toute charge électrique qui peut être reportée à plus tard.
  - Dans le cas de la **mise hors service cyclique**, le SGCE met en marche et arrête alternativement l'équipement mécanique pour économiser l'électricité sans réduire le confort des occupants. Comme un grand nombre des systèmes d'un bâtiment sont conçus pour le pire des cas, il est possible d'arrêter l'équipement à intervalles pendant les périodes de demande moins intense. On risque toutefois de réduire la durée de vie de certaines pièces d'équipement, par exemple des moteurs électriques, quand on les fait fonctionner fréquemment par intermittence.
- **Plus grand confort.** La précision des capteurs et une délimitation précise des zones de contrôle permettent de maintenir plus facilement la température et l'humidité dans la gamme de confort désirée.

- **Réduction du personnel d'exploitation, d'entretien et de sécurité**. Un SGCE central peut surveiller et contrôler les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, le système de protection incendie, le système de sécurité, le système d'éclairage et le système d'ascenseurs. Il assure une observation 24 heures sur 24 et peut avertir le préposé de tout problème.
- **Réduction des temps de panne**. Des options logicielles élaborées peuvent ordonnancer et désigner les activités d'entretien pour prévenir les problèmes potentiels.
- **Instrument d'apprentissage** pour les responsables de l'exploitation de bâtiments et les gestionnaires immobiliers.

La rénovation de bâtiments a montré que l'installation d'un SGCE ou l'amélioration d'un SGCE existant tend à être l'une des stratégies qui se rentabilisent le plus rapidement.

Dans le cas des bâtiments commerciaux de plus de 10 000 mètres carrés, le coût moyen d'un SGCE varie entre 400 et 800 $ par point d'entrée ou de sortie. Les économies d'énergie sont généralement de 20 p. 100 et la période de rentabilisation varie entre deux et cinq ans.

On peut utiliser un SGCE dans presque tout bâtiment commercial neuf ou existant pour automatiser des fonctions qui étaient auparavant exécutées manuellement. Les coûts d'un SGCE sont généralement élevés en raison des contraintes imposées par les commandes en place et l'équipement existant de chauffage, de ventilation et de climatisation. La modularisation des nouveaux systèmes élaborés permet une expansion progressive en fonction des besoins. À titre d'exemple, l'utilisateur peut n'installer, pour commencer, que le logiciel de commande du chauffage, de la ventilation et de la climatisation et ajouter plus tard la commande de l'éclairage. Le coût de l'installation d'un SGCE dépend en grande partie du nombre de points reliés au système (c'est-à-dire du nombre de capteurs et d'actionneurs). Normalement, la spécification et l'installation d'un SGCE peuvent se faire dans le cadre d'un projet clés en main. La formation des préposés à l'exploitation est un important élément de l'achat de tout système.

Pour plus d'information, s' adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Learning from Experiences with Controls to Reduce Electrical Peak Demands in Commercial Buildings, Mary Ann Piette, série d'analyses n° 7 de CADDET, 1991.

Energy Management Control Systems Reference Guide, 2e édition, Ontario Hydro, juillet 1989.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

LA TECHNOLOGIE DE LA COGÉNÉRATION

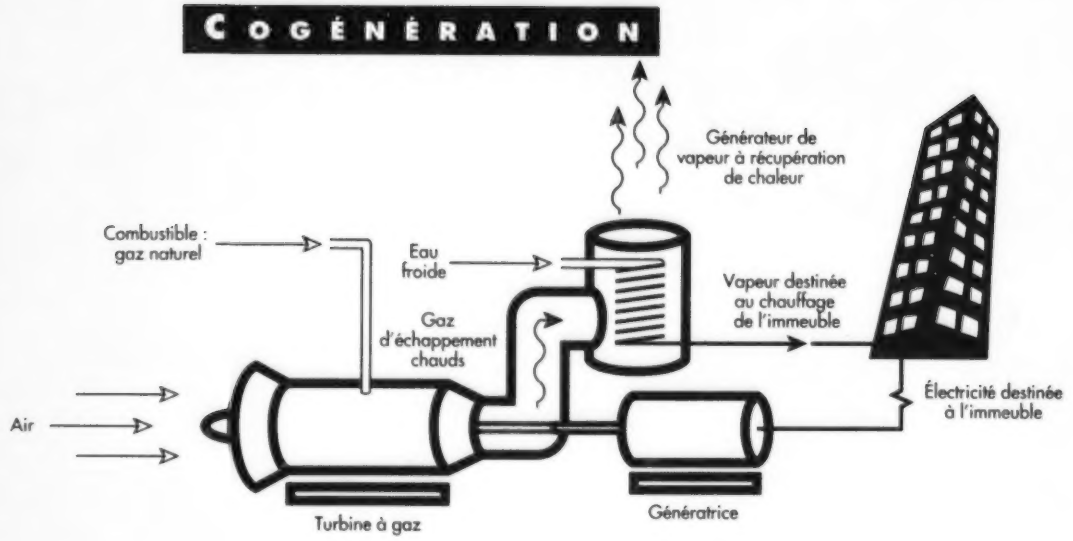
La cogénération est la production simultanée d'énergie électrique et d'énergie thermique à partir d'un même combustible. C'est une utilisation plus efficace et plus économique des ressources que si les deux formes d'énergie étaient produites séparément. La cogénération offre l'occasion de réduire les frais d'énergie en investissant dans une centrale à haut rendement.

La technologie de la cogénération – le principe

Le cœur d'un système de cogénération est le générateur de force motrice ou moteur primaire. Le moteur primaire (moteur alternatif ou turbine à gaz) consomme du combustible et produit de l'énergie mécanique qui entraîne une génératrice. La plupart des moteurs primaires ont, de nature, un rendement médiocre, car ils ne peuvent transformer que 30 p. 100 environ de l'énergie du combustible en énergie mécanique utile. Le restant (70 p. 100) de l'énergie du combustible est gaspillé sous forme de chaleur dans les gaz d'échappement du moteur ou par les parois du moteur primaire. L'atout de la cogénération est qu'elle peut exploiter l'énergie normalement gaspillée. En utilisant un système de récupération de la chaleur comme un échangeur thermique, on peut produire de la vapeur ou de l'eau chaude, qui peut servir à d'autres fins, comme le chauffage des locaux ou la production d'électricité supplémentaire. Tout système de cogénération comprend un réseau de distribution de l'électricité et de la vapeur ou de l'eau chaude. Il doit également comprendre un système pour le contrôle et la régulation.

Types de systèmes

Les systèmes de cogénération sont généralement classés en fonction de leur générateur de force motrice. Les trois principaux types qui s'appliquent aux installations fédérales sont les suivants.



- Les systèmes à ***turbine à vapeur*** utilisent l'énergie de la vapeur à haute pression pour entraîner une turbine à vapeur qui, à son tour, entraîne une génératrice. On se sert d'une chaudière à haute pression pour produire la vapeur. La turbine ressemble à celles qu'utilisent les centrales thermiques, sauf que la vapeur sort de la turbine à une pression suffisante pour qu'on puisse l'utiliser pour le chauffage des locaux.
- Les systèmes à ***turbine à gaz*** utilisent une turbine (semblable à un moteur à réaction) pour entraîner une génératrice. L'énergie thermique des gaz chauds de la turbine peut être récupérée dans un générateur de vapeur pour produire de la vapeur. C'est un système populaire, parce que le gaz naturel est abondant et relativement bon marché.
- Les systèmes à ***moteur alternatif*** utilisent comme générateur de force motrice un moteur à pistons à combustion interne. La génératrice est entraînée directement par l'arbre du moteur, et l'énergie thermique (qui a une température moins élevée que dans les turbines à gaz) est récupérée dans le radiateur d'huile, l'eau de la chemise de refroidissement et les gaz d'échappement. En règle générale, les moteurs alternatifs conviennent mieux à la production d'eau chaude qu'à la production de vapeur.

CHOIX DE LA CAPACITÉ D'UN SYSTÈME DE COGÉNÉRATION

Avant d'installer un système de cogénération, il faut analyser avec soin les charges thermiques et électriques de l'installation. La vaste gamme des systèmes disponibles permet d'apparier d'assez près la capacité du système aux charges thermiques et électriques. La capacité des systèmes est déterminée par la production nominale d'électricité, mais le rapport de la production d'électricité à la production d'énergie thermique peut varier (voir ci-dessous).

À titre d'exemple, les systèmes à turbine à vapeur produisent environ deux à trois fois plus d'énergie thermique que les systèmes à turbine à gaz. La gamme des systèmes disponibles permet au concepteur de choisir un système qui utilise le maximum d'énergie thermique. C'est là le plus important objectif opérationnel, qui repose sur l'hypothèse que toute électricité excédentaire peut être vendue au service d'électricité, tandis que toute énergie thermique excédentaire doit être gaspillée (à moins qu'on puisse trouver à proximité un consommateur d'énergie thermique).

D'autres facteurs doivent être pris en considération pour l'adoption d'un système de cogénération, le choix de la capacité et son exploitation :

- le coût de l'électricité fournie par le service d'électricité
- le coût de l'électricité supplémentaire, de secours et d'entretien fournie par le service d'électricité
- les recettes qui pourraient découler de la vente d'électricité au service d'électricité
- le coût supplémentaire du combustible, de l'exploitation et de l'entretien
- le coût de l'achat, de l'installation et de la mise en service du système
- les frais d'administration.

Production de chaleur et d'électricité

Source d'entraînement	*Production de chaleur (Btu/kWh)*	*Production d'électricité (kW)*
Moteur alternatif	10 000 – 25 000	10 – 3 000
Turbine à gaz	22 000 – 11 000	200 – 5 000
Turbine à vapeur	50 000 – 30 000	170 – 4 000

AVANTAGES

Le principal avantage de la cogénération est qu'elle offre la possibilité de réduire de beaucoup les coûts d'énergie : entre 33 p. 100 et 50 p. 100. De plus, la cogénération peut améliorer la fiabilité des approvisionnements en électricité, sous la forme d'électricité de secours. Il y a aussi la possibilité de tirer des recettes de la vente d'électricité aux services d'électricité ou de la vente de vapeur excédentaire et d'eau chaude à des consommateurs locaux. Un aspect particulièrement intéressant des installations de cogénération à turbine à gaz est qu'elles produisent moins d'émissions (NO_x et CO_2) que les centrales ordinaires alimentées aux combustibles fossiles.

Étude de cas

Le Conseil national de recherches du Canada s'apprête à faire l'acquisition d'un système de cogénération à turbine à gaz pour son complexe d'Ottawa. Le système, dont la construction coûtera 6,3 millions de dollars, produira jusqu'à 4 MW d'électricité et 22 000 livres de vapeur à l'heure. La taille du système a été établie en fonction des besoins de chaleur (vapeur) du complexe. Des économies de un million de dollars par an sont prévues.

Pour plus d'information, s' adresser à :

Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Cogeneration Handbook, Waukesha Power Systems, 1986.

Cogeneration Sourcebook, ministère de l'Énergie, septembre 1988.

Cogeneration Assessment Guide of Federally Owned Buildings, J.L. Richards & Associates Limited, avril 1992.

Un élément du Programme de l'efficacité énergétique et des énergies de remplacement

TARIFS ET PRATIQUES DE FACTURATION DES SERVICES PUBLICS

La facture d'énergie d'un immeuble est fonction, en grande partie, des tarifs imposés par les services publics. En conséquence, pour avoir un aperçu de la quantité d'énergie et des coûts associés au fonctionnement efficace d'une installation, il faut bien comprendre comment ces tarifs sont structurés et appliqués. La présente fiche d'information décrit les divers frais qu'imposent les services publics à leurs clients commerciaux.

Structures tarifaires des services publics

Les services publics d'électricité ont, et de loin, les structures tarifaires les plus diversifiées. Il est possible que leurs clients commerciaux aient le choix entre de nombreux systèmes de tarification. Ces variations s'expliquent par le fait que les services publics d'électricité doivent recouvrer les dépenses engagées pour la construction de centrales électriques et de réseaux de distribution, l'entretien des systèmes et l'achat du combustible nécessaire à la production d'électricité.

Il va sans dire que de nombreux facteurs interviennent dans le choix d'un type de structure tarifaire. En effet, les services publics peuvent utiliser ces structures pour orienter le comportement des consommateurs d'énergie, par exemple en proposant des tarifs plus bas pendant certaines périodes de la journée. La plupart du temps, les entreprises fixent leurs tarifs de manière à récupérer les coûts auprès des clients pour lesquels ils ont été engagés.

Frais liés à la demande

La taille des centrales électriques, qui a une incidence considérable sur les dépenses des services publics, dépend de la **puissance*** maximale requise à un moment donné. On peut comparer la puissance à la vitesse d'une voiture, tandis que la centrale équivaut au moteur : plus le moteur est gros, plus la voiture est rapide, mais le plus gros moteur coûte plus cher.

L'entreprise fait payer au consommateur un montant correspondant à la puissance maximale dont il a eu besoin au cours d'une période de facturation donnée. C'est ce qu'on appelle les frais liés à la demande ou à la capacité, qui s'expriment habituellement en dollars le kilowatt. (Les compteurs d'électricité relèvent généralement la puissance instantanée utilisée pendant des périodes d'une quinzaine de minutes.)

Frais de consommation

Le client doit aussi payer la quantité totale d'énergie consommée. Alors que la puissance représente la quantité de travail fourni par unité de temps, la **consommation d'énergie**** sert à mesurer la quantité de travail exécuté. Si on reprend l'exemple de la voiture, on peut dire que la consommation d'énergie équivaut à la distance parcourue par le véhicule, au même titre que la puissance constitue la vitesse. Les frais de consommation sont généralement calculés en cents le kilowattheure.

Rajustement du facteur de puissance

Outre les frais liés à la demande et les frais de consommation, les clients commerciaux peuvent avoir à payer une pénalité très élevée si leur **facteur de puissance***** tombe en deçà d'un pourcentage préétabli (habituellement 90 p. 100). Moins le facteur de puissance est élevé, plus le service public doit produire d'électricité, et ce même si le compteur n'enregistre aucune hausse de la demande. En effet, les compteurs d'électricité ne mesurent que la puissance active, soit le courant qui sert à exécuter le travail, alors que le service public doit livrer suffisamment d'électricité pour fournir au consommateur toute la puissance apparente dont il a besoin. Un compteur spécial doit être installé pour mesurer la puissance apparente totale, qui s'exprime en kilovoltampères.

En règle générale, on calcule la pénalité liée au facteur de puissance en rajustant les frais liés à la demande d'après un pourcentage du relevé de pointe en kilovoltampères, et non selon la demande de pointe. Par exemple, si un service public pénalise un consommateur dont le facteur de puissance est inférieur à 90 p. 100, on rajuste ce facteur en calculant les frais liés à la demande à partir de 90 p. 100 du relevé de pointe en kilovoltampères, au lieu d'utiliser le relevé de la demande de pointe.

Autres frais

En plus des frais de consommation et des frais liés à la demande et au facteur de puissance, il arrive que les clients se voient imposer d'autres coûts, par exemple pour la location d'équipement, l'installation de transformateurs ou le comptage. En outre, on exige des consommateurs une contribution minimale pour couvrir les frais

* La **puissance** est une mesure de la quantité de travail par unité de temps; elle est exprimée en kilowatts (kW).

** La **consommation d'énergie** est la quantité de travail exécuté, et elle se mesure en kilowattheures (kWh). L'énergie est le produit de la puissance par le temps pendant lequel cette puissance est utilisée.

1 kilowatt (kW) = 1 000 watts (W)

1 watt = 1 joule/seconde (J / s)

1 kilowattheure(kWh) = 1 kilowatt x 1 heure

1 kilowatt x 1 heure = 3,6 mégajoules (MJ)

*** Le **facteur de puissance** est le rapport de la portion de la puissance qui effectue le travail, appelée puissance active, qui s'exprime en kilowatts (kW), à la puissance apparente totale mesurée en kilovoltampères (kVA). Le facteur de puissance peut être exprimé en pourcentage ou par une valeur numérique entre 0 et 1.

$$\text{Facteur de puissance} = \frac{\text{Puissance active (kW)}}{\text{Puissance apparente totale (kVA)}}$$

d'administration et d'entretien des systèmes de distribution, que les services publics doivent garder à la disposition de leurs clients même si ceux-ci ne les utilisent qu'une partie de l'année. L'électricité est aussi assujettie à la taxe sur les produits et services.

Structures tarifaires

Il arrive que la structure tarifaire soit très simple, notamment lorsque le service public fixe un seul tarif pour la demande et un autre pour la consommation. C'est ce qu'on appelle une structure à tarif simple. Le plus souvent, toutefois, les services publics adoptent une structure à tarif décroissant : la demande et la consommation d'électricité pendant une période de facturation donnée sont décomposées en blocs, les plus bas comportant les taux les plus élevés. Voir ci-après un exemple de structure à tarif décroissant ainsi qu'un modèle de facture d'électricité.

COMMENT RÉDUIRE VOTRE FACTURE D'ÉLECTRICITÉ ?

Une fois qu'on comprend les diverses structures tarifaires applicables à l'électricité, on constate qu'il existe — outre la réduction de la consommation — plusieurs moyens de diminuer une facture d'électricité, sans pour autant renoncer à certains services.

1. Éviter les pénalités liées au facteur de puissance

Il faut, dans la mesure du possible, éviter les pénalités liées au facteur de puissance. Dès que de l'électricité est fournie à une charge inductive (comme un moteur électrique, un transformateur ou une lampe fluorescente), le facteur de puissance diminue. On peut l'augmenter en installant des condensateurs.

2. Réduire les frais liés à la demande

Selon le type d'équipement électrique installé dans un immeuble, il est possible, en déplaçant la charge, de réduire les frais liés à la demande. Cette méthode permet de diminuer la demande de pointe en reportant une partie de la consommation.

3. Demander une structure tarifaire différente

Certains services publics offrent à leurs clients commerciaux différentes structures tarifaires. Un tarif variable selon la période d'utilisation pourrait s'avérer avantageux pour les installations qui consomment beaucoup d'électricité en dehors des périodes de pointe, où les tarifs sont moins élevés. Des services publics offrent aussi un service interruptible où le consommateur autorise l'entreprise, en échange de tarifs moindres, à réduire ou à interrompre temporairement la livraison d'électricité en période de pointe.

Exemple de structure à tarif décroissant

Frais liés à la demande :	50 premiers kW - gratuits 4 950 kW suivants - 5,15 $ le kW kW supplémentaires - 13,50 $ le kW
Frais de consommation :	250 premiers kWh - 0,085 $ le kWh 15 250 kWh suivants - 0,08 $ le kWh 1 984 500 kWh suivants - 0,06 $ le kWh kWh supplémentaires - 0,045 $ le kWh
Frais mensuels minimaux :	moins de 50 kW - 5 $ plus de 50 kW - 0,60 $ le kW (d'après la demande maximale au cours des 11 mois précédents)

Modèle de facture d'électricité d'après une structure à tarif décroissant

Pendant la période de facturation, le client a consommé 60 000 kWh d'électricité, avec une demande de pointe de 100 kW. Les tarifs susmentionnés s'appliquent.

	Totaux
Frais liés à la demande :	
Les 50 premiers kW sont gratuits = 0,00 $	
Les 50 kW restants coûtent 5,15 $ le kW = 257,50 $	257,50 $
Frais de consommation :	
Les 250 premiers kWh coûtent 0,085 $ le kWh = 21,25 $	
Les 15 250 kWh suivants coûtent 0,08 $ le kWh = 1 220 $	
Les 44 500 kWh restants coûtent 0,06 $ le kWh = 2 670 $	3 911,25 $
TOTAL PARTIEL	**4 168,75 $**
+ TPS de 7 %	291,81 $
FACTURE TOTALE	**4 460,56 $**

Même si la consommation d'électricité avait été nulle au cours de cette période de facturation, une charge minimale de 60 $ (0,60 $ / kW x 100 kW) plus la TPS auraient été imposées, compte tenu de la demande maximale des 11 derniers mois, établie à 100 kW.

TARIFS DES SERVICES PUBLICS DE GAZ

Le calcul des tarifs de gaz se fait comme celui des blocs tarifaires décroissants souvent utilisés pour l'électricité. La consommation de gaz d'un client est répartie en blocs, les plus bas comportant les taux les plus élevés. On exprime habituellement les tarifs de gaz en dollars le mètre cube ($/m^3$) ou en dollars le gigajoule ($/GJ*); cette dernière unité sert à mesurer la quantité d'énergie contenue dans le combustible livré. Des exemples de tarifs de gaz et une facture type figurent ci-dessous. La meilleure façon de diminuer une facture de gaz est de réduire la consommation.

Exemple de tarifs de gaz

Frais de consommation :	6 premiers GJ – 5,571 $ le GJ 99,5 GJ suivants – 4,891 $ le GJ GJ supplémentaires – 4,273 $ le GJ
Frais mensuels minimaux :	15 $ plus TPS

*1 gigajoule(GJ)= 10^9 joules

Exemple de facture de gaz

Pendant la période de facturation, le client a consommé 400 GJ de gaz. Le tarif susmentionné s'applique.

	Totaux
Frais de consommation :	
Les premiers 6 GJ coûtent 5,571 $ le GJ= 33,43 $	
Les 99,5 GJ suivants coûtent 4,891 $ le GJ= 486,65 $	
Les 294,5 GJ restants coûtent 4,273 $ le GJ= 1 258,40 $	
TOTAL PARTIEL	**1 778,48 $**
+ TPS de 7 %	124,49 $
FACTURE TOTALE	**1 902,97 $**

Tarifs de la vapeur, du pétrole, du diesel, de l'eau et des autres sources d'énergie

Les taux imposés par les services publics pour d'autres combustibles et sources d'énergie — notamment la vapeur, le pétrole, le diesel et l'eau — sont habituellement basés sur des unités de facturation (voir le tableau 1). Ces ressources ne sont pas toutes mesurées : la consommation d'eau et de vapeur est comptée régulièrement aux fins de la facturation, tandis que les réservoirs de pétrole et de diesel sont généralement remplis à chaque saison ou à intervalle irrégulier. Lorsque le service public ne tient pas un compte régulier de la consommation d'un combustible ou d'une autre source d'énergie, il lui faut souvent administrer des registres afin d'assurer un suivi.

Tableau 1- Unités de facturation types pour les autres combustibles et sources d'énergie

	Unités SI	Mesures anglo-saxonnes
Vapeur	$ le millier de kg	$ le millier de livres
Pétrole	$ le mètre cube	$ le gallon
Diesel	$ le mètre cube	$ le gallon
Eau	$ le mètre cube	$ le gallon

Suivi de la consommation d'énergie au moyen des données de facturation des services publics

On peut utiliser les données de facturation des services publics pour assurer un suivi de la consommation d'énergie et surveiller le rendement énergétique des immeubles. Cet exercice peut être effectué manuellement ou au moyen d'un logiciel. D'une façon ou d'une autre, les données que détiennent les services publics doivent être consignées et analysées adéquatement, en tenant compte des variations dans la période de facturation et des changements de température. Il faut en outre savoir que le rendement énergétique d'un immeuble varie non seulement en fonction des améliorations apportées à ses systèmes, mais aussi des autres changements, notamment en ce qui a trait à la surface utile ainsi qu'aux taux et aux heures d'utilisation de l'équipement et des locaux.

Il existe de nombreux logiciels capables de tenir compte des variations susmentionnées en vérifiant automatiquement si les données sont «raisonnables» et si les calculs des factures sont exacts. La plupart offrent en outre une gamme complète d'outils d'analyse qui permettent notamment d'établir les antécédents, de calculer les moyennes, d'analyser les tendances, de faire des comparaisons, de préparer des graphiques et d'effectuer d'autres fonctions de rapport.

Pour plus d'information, s' adresser à :
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121

Bibliographie

Energy Management Handbook, Wayne C. Turner, The Fairmont Press Inc., 2e édition, 1993.

How to Reduce Your Energy Costs, Alberta Power Limited, Centre for Information Sharing Inc., Boston, 2e édition, 1992.

Rates and Billing, Energy Management Series, Ontario Hydro, novembre 1991.

Understanding Your Electricity Bill, Ottawa Hydro.